

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
CARRERA INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**Clasificación y mapeo de suelos con fines de producción de caña de azúcar
(*Saccharum officinarum*) en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.**

ESDRAS ELISEO ESQUIPULAS ORTÍZ

Carné: 201041126

Mazatenango, Suchitepéquez, noviembre, 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

**AUTORIDADES
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo	Rector
Dr. Carlos Enrique Camey Rodas	Secretario General

**CONSEJO DIRECTIVO
DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano	Director
----------------------------------	----------

Representantes de Docentes

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario
Dra. Mirna Nineth Hernández Palma	Vocal

Representante graduado del Centro Universitario de Suroccidente

Lic. Ángel Estuardo López Mejía	Vocal
---------------------------------	-------

Representantes Estudiantiles

Lcda. Elisa Raquel Martínez González	Vocal
Br. Irrael Estuardo Arriaza Jerez	Vocal

**AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Coordinador Académico

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador de la Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

MSc. Alvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

Coordinador de la Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Coordinador de la Carrera de Pedagogía

Lic. José Mauricio Cajas Loarca

Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos

Ph. D. Marco Antonio del Cid Flores

Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos

**Coordinadora de la Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,
Abogacía y Notariado**

MSc. Tania María Cabrera Ovalle

Coordinadora de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume

Coordinador de Área

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

**Carreras Plan Fin de Semana
del Centro Universitario de Suroccidente**

Coordinadora de la Carrera de Pedagogía

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

**Coordinadora de la Carrera de Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación**

MSc. Paola Marisol Rabanales

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS

Por darme vida y sabiduría. ¡A ti sea la gloria y honra!

A MIS PADRES

Por ser mi fortaleza.

A MI FAMILIA

Por formar parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Creador del universo.

A LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

Fuente de sabiduría y conocimiento.

A MIS PADRES

Por su amor incondicional y sus directrices que hoy son realidad.

A MI ESPOSA

Por ser ayuda idónea, dispuesta a compartir su vida.

AL ASESOR

Por mi formación profesional y compartir la filosofía de un Ingeniero Agrónomo.

A FINCA MELIMAR

Por formación profesional, por intégrame al equipo de trabajo y apoyo en las actividades realizadas.

AL ENCARGADO DE FINCA MELIMAR

Por instruir, compartir su sabiduría e influenciar las características de un administrador.

Índice general

Contenido	Pág.
1. ABSTRACT	1
2. RESUMEN.....	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. MARCO TEÓRICO	4
4.1. Marco conceptual	4
4.1.1. Taxonomía de la caña de azúcar (<i>S. officinarum</i>).....	4
4.1.2. Levantamiento de suelos	4
4.1.3. Datos a tomar en cuenta para la descripción de perfiles según las normas United Bureau of Reclamation (USBR)	9
4.1.4. Características de los suelos Andisoles	12
4.1.5. Clasificación de los suelos según su fertilidad (CCF)	14
4.1.6. Propósitos de los mapas e informes de suelos.....	14
4.1.7. Muestreo de suelos	16
4.1.8. Requerimientos nutricionales de <i>S. officinarum</i>	17
4.1.9. Requerimientos nutricionales de (<i>S. officinarum</i> L) en kg/ha	22
4.1.10. Capacidad de intercambio catiónico	23
4.1.11. Saturación de bases	25
4.1.12. Potencial de hidrógenos.....	26
4.1.13. Materia orgánica.....	35
4.1.14. Momento de aplicación de fósforo y potasio para el cultivo de <i>S. officinarum</i>	38
4.2. Marco referencial	40
4.2.1. Ubicación geográfica	40
4.2.2. Condiciones climáticas.....	40
4.2.3. Vías de acceso	41
4.2.4. Mapa de finca Melimar	41

5.	OBJETIVOS	44
5.1.	Objetivo General	44
5.2.	Objetivos específicos.....	44
6.	HIPÓTESIS	45
7.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
7.1.	Materiales	46
7.2.	Recurso humano	46
7.3.	Metodología.....	46
7.4.	Fase de gabinete.....	47
7.4.1.	Determinación de características homogéneas de los suelos	47
7.4.2.	Ubicación del punto de muestreo para las calicatas.....	49
7.4.3.	Determinación de unidad de muestreo para análisis de fertilidad	51
7.5.	Fase de campo.....	51
7.5.1.	Pre muestreo	51
7.5.2.	Ubicación del punto de muestreo para las calicatas	52
7.5.3.	Muestreo de suelos en las parcelas de <i>S. officinarum</i>	52
7.6.	Fase de Laboratorio	53
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
8.1.	Niveles nutricionales de las áreas establecidas con (<i>S. officinarum</i>) .	54
8.1.1.	Niveles de nitrógeno (N) según el porcentaje de materia orgánica	54
8.1.2.	Áreas que requieren enmiendas de potasio (K).....	57
8.1.3.	Áreas que requieren enmiendas de fosforo (P)	59
8.1.4.	Macro elementos secundarios y micro elementos	61
8.1.5.	pH, S.B. y C.I.C. de los suelos de finca Melimar	62
8.1.6.	Clasificación textual de finca Melimar	63

8.2. Relación entre los rendimientos y el porcentaje de materia orgánica, fósforo y potasio.....	65
8.3. Características químicas y físicas de las calicatas	67
8.3.1. Polígono uno.....	67
8.3.2. Polígono dos.....	70
8.3.3. Polígono tres.....	72
8.3.4. Polígono cuatro	73
8.3.5. Polígono cinco	75
8.3.6. Polígono seis	77
8.3.7. Polígono ocho.....	78
8.3.8. Polígono nueve.....	80
9. CONCLUSIONES.....	82
10. RECOMENDACIONES	85
11. BIBLIOGRAFÍA.....	87
12. ANEXOS	90

Índice de figuras

Figura	Contenido	Pág.
1	Cationes de cambio.....	25
2	Niveles adecuados de pH.....	28
3	Acumulación de fósforo (P) en tallos y hojas de <i>S. officinarum</i> (kg/ha).....	38
4	Acumulación de potasio (K) en tallos y hojas de <i>S. officinarum</i> (kg/ha).....	39
5	Distribución geográfica de parcelas en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	42
6	Distribución geográfica de parcelas en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	43
7	Distribución geográfica de polígonos en el área de estudio, en finca, Melimar Santo Domingo, Suchitepéquez.....	48
8	Localización del punto para calicata del polígono dos en finca Melimar Santo Domingo Suchitepéquez	50
9	Distribución geográfica del porcentaje alto a bajo de materia orgánica en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	56
10	Distribución geográfica del nivel alto a bajo de potasio en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	58
11	Distribución geográfica del nivel alto a bajo de fósforo en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	60
12	Distribución geográfica de las dos clases texturales en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez....	64
13	Dispersión entre rendimiento y materia orgánica.....	65
14	Dispersión entre rendimiento y fósforo.....	65
15	Dispersión entre rendimiento y potasio.....	66

16	Horizontes de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	96
17	Excavación de calicata, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	97
18	Resultados de análisis físico – químico hoja uno, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	98
19	Resultados de análisis físico – químico hoja dos, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	99
20	Resultados de análisis físico – químico hoja tres, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	100
21	Resultados de análisis físico – químico hoja cuatro, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	101
22	Resultados de análisis físico – químico hoja cinco, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	102

Índice de cuadros

Cuadro	Contenido	Pág.
1	Características de los subórdenes, códigos y lineamientos generales para los suelos del orden de los Andisoles.....	12
2	Extracción en kg/ha de N, P, K, Ca y Mg por tonelada de <i>S. officinarum</i>	18
3	Recomendación de dosis de nitrógeno de kg/ha en el cultivo <i>S. officinarum</i>	20
4	Recomendación de dosis en kg/ha de fósforo en el cultivo <i>S. officinarum</i>	21
5	Recomendación de dosis de kg/ha de potasio en el cultivo de <i>S. officinarum</i>	22
6	Requerimientos nutricionales de (<i>S. officinarum</i> L).....	23
7	Capacidades típicas de intercambio catiónico según componentes y tipos de suelo.....	24
8	Porcentaje de saturación de bases en función del pH.....	26
9	Puntos de muestreo para calicatas dentro de la finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	49
10	kg/ha de nitrógeno según el porcentaje de Materia orgánica.....	54
11	Porcentaje de materia orgánica de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	55
12	Niveles de potasio del suelo para el cultivo de <i>S. officinarum</i>	57
13	Niveles de ppm de potasio, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	57
14	Niveles de fósforo del suelo para el cultivo de <i>S. officinarum</i>	59
15	Niveles en ppm de fósforo de los suelos, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	59
16	Requerimientos nutricionales del cultivo de <i>S. officinarum</i>	61

17	Kg/ha de macro elementos secundarios y micro elementos de los suelos, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	61
18	Niveles de pH, S.B. y C.I.C. de los suelos, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	62
19	Clase textual de los suelos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	63
20	Características físicas y químicas de suelo. Pedón uno de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	68
21	Características físicas y químicas de suelo. Pedón dos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	70
22	Características físicas y químicas de suelo. Pedón tres de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	71
23	Características físicas y químicas de suelo. Pedón cuatro de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	73
24	Características físicas y químicas de suelo. Pedón cinco de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	74
25	Características físicas y químicas de suelo. Pedón seis de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	76
26	Características físicas y químicas de suelo. Pedón siete de finca Melimar Santo Domingo, Suchitepéquez.....	78
27	Características físicas y químicas de suelo. Pedón ocho de finca Melimar Santo Domingo, Suchitepéquez.....	79
28	Características físicas y químicas de suelo. Pedón nueve de finca Melimar Santo Domingo, Suchitepéquez.....	81
29	Kg/ha de elementos nutricionales de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	91
30	Ppm de elementos nutricionales de los suelos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.....	91
31	Información general del polígono uno, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	92

32	Información general del polígono dos, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	92
33	Información general del polígono tres, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	93
34	Información general del polígono cuatro, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	93
35	Información general del polígono cinco, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	93
36	Información general del polígono seis, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	94
37	Información general del polígono siete, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	94
38	Información general del polígono ocho, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	94
39	Información general del polígono nueve, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez	95

1. ABSTRACT

Estate Melimar possesses a superficial extension of 909.38 hectares, which are distributed in 223.52 hectares destined for the production of the cultivate of rubber (*Hevea brasiliensis*), 8.61 hectares inhabited zone (hamlet), and 539.76 hectares destined for the production of sugar cane (*S. officinarum*), of the varieties CP 73-1547, CP 72-2086 and CP 88-1165 and the rest of area is distributed in ways, ditches and rivers, is located in Santo Domingo, Suchitepéquez. The fertilization of *S. officinarum*, it is realized of form mechanized with a dose of 454.55 kg/ha in cane soca and 227.27 kg/ha in plantías with nitrate of ammonium, the fertilization is not based on the variability of the soils. *S. officinarum* has extraction principally of nitrogen, phosphorus and potassium, for what the performances are related to the suitable levels of the above macro elements.

The soils of the estate have not been diagnosed from the 2002 and the prices in the 2015 of the ton of sugar cane (*S. officinarum*) it got down of US\$ 25.00 to US\$ 14.00, for such a reason there arises the need to realize the study of the soils destined for the production of the same one and to optimize the resources. The study was realized to level semidetall, classifying units of managing (polygons) according to coloration of the soil, topography and managing of the plots, giving as result nine polygons for the study of the chemistry of the soils.

The study revealed that the plots of the polygons of one, they sue seven and nine the application of 60 kg/ha of nitrogen, the plots of the polygon eight demand 70 kg/ha of nitrogen. Some plots do not need of amendments of potassium and phosphorus, nevertheless others demand 40 kg/ha and 60 kg/ha of potassium, and 80 kg/ha for plantía and for cane soca 40 kg/ha of phosphorus. The soils of the estate are Andisoles, of volcanic origin, deep soils without bounding, external regular drainage and good boarder, light degree of erosion, very softly sloping relief, hanging from two to five per cent and light stone superficially.

2. RESUMEN

Finca Melimar cuenta con una extensión superficial de 909.38 hectáreas, las cuales están distribuidas en 223.52 hectáreas destinadas a la producción del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*), 8.61 hectáreas zona habitada (caserío), y 539.76 hectáreas destinadas para la producción de caña de azúcar (*S. officinarum*), de las variedades CP 73-1547, CP 72-2086 y CP 88-1165 y el resto de área está distribuida en caminos, zanjones y ríos, está ubicada en Santo Domingo, Suchitepéquez.

La fertilización de *S. officinarum*, se realiza de forma mecanizada con una dosis de 454.55 kg/ha en caña soca y 227.27 kg/ha en plantías con nitrato de amonio, la fertilización no está basada en la variabilidad de los suelos. *S. officinarum* extrae principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que los rendimientos están relacionados con los niveles adecuados de dichos macro elementos.

Los suelos de la finca no se han diagnosticado desde el 2002 y los precios en 2015 de la tonelada de caña de azúcar (*S. officinarum*) descendieron de US\$ 25.00 a US\$ 14.00, por tal razón surge la necesidad de realizar el estudio de los suelos destinados para la producción de la misma y optimizar los recursos. El estudio se realizó a nivel semidetalle, clasificando unidades de manejo (polígonos) según coloración del suelo, topografía y manejo de las parcelas, dando como resultado nueve polígonos para el estudio de la química de los suelos.

El estudio reveló que las parcelas de los polígonos del uno al siete y nueve, demandan la aplicación de 60 kg/ha de nitrógeno, las parcelas del polígono ocho demandan 70 kg/ha de nitrógeno. Algunas parcelas no requieren de enmiendas de potasio y fosforo, sin embargo otras demandan 40 kg/ha y 60 kg/ha de potasio, 80 kg/ha para plantía y para caña soca 40 kg/ha de fósforo. Los suelos de la finca son Andisoles; de origen volcánico, suelos profundos sin limitante, drenaje externo regular e interno bueno, grado de erosión ligero, relieve muy suavemente inclinado, pendiente de dos a cinco por ciento y pedregosidad superficial ligera.

3. INTRODUCCIÓN

El mapeo de áreas terrestres provee perspectivas, proyectando métodos adecuados para el manejo agronómico, enmiendas o correcciones de las características físicas y químicas del suelo. *S. officinarum* demanda principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, el análisis de estos elementos mediante mapas evidencia las áreas con sus distintos niveles de dichos elementos.

El presente estudio se llevó a cabo en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez, con el propósito de realizar una clasificación y mapeo de suelos con fines de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), para planificaciones futuras de enmiendas de nutrimentos, correcciones en la fertilidad de los suelos y conocimientos básicos de los estratos del subsuelo.

Los rendimientos del cultivo están basados en buenas prácticas agrícolas, así mismo en el análisis detallado de las características físicas y químicas del sustrato, es fundamental para los resultados óptimos económicos, básico para la toma de decisiones en las metodologías adecuadas para utilizar el suelo, evitando erosiones, lixiviaciones o cambios desfavorables para el suelo y el cultivo.

La fertilidad de suelos es ligada a los cambios biológicos, climáticos, los usos agrícolas y los diagnósticos edafológicos que reciban estos.

El cultivo de caña de azúcar (*S. officinarum*), es de importancia económica en Guatemala, debido a las demandas internacionales, por su aporte básico a distintas agroindustrias comestibles, cosméticos, médicos entre otros. (*S. officinarum*), es un cultivo que se adapta a una variedad de condiciones edafoclimáticas, por lo que en el mercado su comercialización es de carácter competitivo y el aumento de los rendimientos es una meta exigente en las fincas productoras, por lo que es importante los análisis de las buenas prácticas agrícolas y la óptima explotación de los suelos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Marco conceptual

4.1.1. Taxonomía de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: *Saccharum*

Especie: *officinarum*

(Cartagena, 2010)

4.1.2. Levantamiento de suelos

Un levantamiento de suelos es “el estudio sistemático de los suelos en el campo, a través de la descripción de sus características internas y externas y del análisis de laboratorio de muestras tomadas en individuos (pedones) que representan la población edáfica la cual, a su vez, es clasificada y mapeada a una escala determinada, de acuerdo a los objetivos del estudio”. En la definición expuesta se establece que un estudio de suelos consta de las acciones siguientes:

- Determinación de las características y propiedades de los suelos mediante descripciones apropiadas y análisis de laboratorio.
- Clasificación de las poblaciones de suelos, selección de las unidades cartográficas y demarcación de los respectivos límites.

- Interpretación de datos e información registrados durante el levantamiento, para cumplir con los objetivos del mismo. (Gomez Anzueto, 1,998. Pág. 46)

Niveles de levantamientos de suelos

Según Gómez (1,998), existen diferentes niveles de estudio los cuales se determinan de acuerdo a: estudios efectuados con anterioridad, objetivos que se persiguen y características del área, y se caracterizan por la intensidad del trabajo de campo, trabajo de gabinete y la escala de publicación del mapa, en términos generales se conocen tres niveles de levantamientos, de reconocimiento, semidetallado y detallado.

Reconocimiento

Cuando se desea conocer en forma general, los suelos de un área, región o país y sirve para identificar áreas que necesitan de estudios más profundos, así como para planificación del uso de la tierra. Se requieren de las condiciones siguientes: fotografías y mapas básicos a usar en escala de 1:70,000 a 1:400,000, densidad promedio de observaciones detalladas (calicatas) de 0.01 a 0.33 km², 0.66 observaciones de identificación (barrenamientos) por km², extensión mínima de las unidades de mapeo de 25 a 625 ha y la escala de publicación del mapa de 1:100,000 a 1: 400,000. (op. cit.)

Semidetallado

Se realizan en áreas que presentan potencial para uso agrícola, se hace con fines catastrales, para proyectos generales de uso y manejo de la tierra (uso agroforestal, proyectos de asentamientos campesinos, riego y drenaje). Las especificaciones para este tipo de levantamiento son: mapas o fotografías aéreas en escala mayor de 1:40,000 a 1:20,000, densidad promedio de observaciones detalladas de 1 a 4 observaciones de identificación por km². Estos estudios se realizan a escala 1:50,000 a 1:20,000. (op. cit.)

Detallado

Estos levantamientos se justifican en áreas de alto potencial agrícola que requieren un conocimiento profundo del suelo, tales como: agricultura intensiva, áreas donde se diseñarán proyectos de riego y drenaje o en áreas destinadas a estaciones experimentales (muy detallados). Este levantamiento se debe ajustar a las especificaciones siguientes: mapas o fotografías aéreas básica en escala de 1:20,000 o mayor densidad promedio de observaciones detalladas de 15 por km² y la escala de publicación del mapa 1:10,000 en promedio. (1:2,000 a 1:25,000). (op. cit.)

Calicata

Es un agujero que se abre en el suelo, generalmente de superficie rectangular y profundidad variable, en donde se puede observar, describir y muestrear los horizontes que comprenden el perfil de un suelo. Las dimensiones comunes son de 1.00 por 2.00 metros de ancho y 1.5 metros de profundidad. Recibe otros nombres como: pozo de observación o trinchera. (Tobias, 1997. Pág. 73)

Pedón

El pedón es el volumen más pequeño de lo que se puede llamar suelo. El pedón tiene tres dimensiones; su límite inferior es vago y algo arbitrario entre suelo y "no suelo". Los límites laterales no son lo suficientemente grandes como para permitir el estudio de la naturaleza de cualquiera de los horizontes presentes. Su área va de uno a 10 metros cuadrados, lo que depende de la variabilidad de los horizontes. La forma de un pedón se representa como una forma hexagonal. (op. cit.)

Perfil del suelo

Es una parte del Pedón, que se encuentra en forma perpendicular a la superficie del terreno y tiene dos dimensiones (ancho y profundidad). El perfil está compuesto por horizontes o capas del suelo, las cuales se han formado como

consecuencia de los procesos genéticos que dieron lugar al desarrollo y evolución del suelo. (op. cit.)

Horizonte

“El horizonte es una capa más o menos paralela a la superficie del suelo, que se ha originado por procesos de formación del mismo. El término “capa” es aplicado al nombrar los componentes relativos al material parental u originario”. (op. cit.)

Textura

La textura de un suelo se define por las proporciones de arena, limo y arcilla que posee. La textura es un factor muy importante en la retención de agua y de nutrientes. En función del tipo y tamaño de partículas presentes en un suelo, la capacidad de adsorción de moléculas polares e iónicas varía considerablemente. (op. cit.)

Estructura

“Se conoce por estructura del suelo, a la forma de agregación de las partículas primarias (arena, limo y arcilla). La estructura se clasifica en sus tres componentes característicos que son: grado, clase y tipo de agregados”. (op. cit.)

Pedregosidad

La pedregosidad superficial desde el punto de vista de la utilización del suelo es importante para el cultivo por su acción sobre los aperos de labranza, llegando a impedir la misma cuando su contenido es muy elevado. En las tierras vírgenes es un factor negativo porque disminuye la superficie útil para el crecimiento vegetal.(FAO, 2005)

Las zonas pedregosas, desde el punto de vista de la conservación del suelo, pueden llegar a ser eficaces porque cuando la vegetación es escasa el golpeo de las gotas de agua sobre las piedras protege al suelo de la dispersión y

arrastre de partículas. Las zonas más pedregosas, del tipo hamada se forman como consecuencia de un proceso erosivo hídrico que deja solamente la piedra. (op. cit.)

Se establecen las siguientes categorías:

1. No o muy poco pedregoso.

- No interfiere la labranza.
- Las piedras cubren < 0.01 por ciento.

2. Moderadamente pedregoso.

- Interfiere en la labranza.
- No impide las labores.
- Las piedras cubren hasta un 0.1 por ciento.
- Piedras y pedregones separados de 10 a 30 m.

3. Pedregoso.

- Dificulta las labores y solo permite algunas.
- Las piedras cubren hasta un tres por ciento.
- Piedras y pedregones separados de 1.6 a 10 m.

4. Muy pedregoso.

- Impide el uso de maquinaria pesada.
- Solo maquinaria ligera o a mano.
- Las piedras cubren hasta un 15 por ciento.
- Piedras y pedregones separados de 0.75 a 1.6 m.

5. Excesivamente pedregoso.

- Impide el uso de todo tipo de maquinaria.
- Las piedras cubren hasta un 90 por ciento.
- Piedras y pedregones separados < 0.75 m.

6. Ripioso.

- Pavimentado con piedras.
- Las piedras cubren > 90 por ciento.

(FAO, 2005)

4.1.3. Datos a tomar en cuenta para la descripción de perfiles según las normas del United Bureau of Reclamation(USBR)

- Relieve:

- a. Plano o casi plano: pendiente < dos por ciento.
- b. Ondulado: pendiente de dos – ocho por ciento.
- c. Fuertemente ondulado: pendiente del ocho – dieciséis por ciento.
- d. Colinado: pendiente del dieciséis – treinta por ciento.
- e. Fuertemente socavado: pendiente > treinta por ciento.
- f. Montañoso: existen grandes variaciones de elevación.

- Drenaje superficial:

- a. Normal; b. Deficiente por impermeable; c. Deficiente por exceso.

- Drenaje interno:

- a. Normal; b. Deficiente por impermeable; c. Deficiente por exceso.

- Zona de restricción:

- a. Capas cementadas; b. Lecho rocoso

- Factores inhibitorios:

- a. Salinidad; b. Pedregosidad.

- Uso de la tierra.

- Grado de erosión:

- a. Leve; b. Moderado; c. Alto; d. Muy alto.

- Susceptibilidad a la erosión:

a. Leve; b. Moderada; c. Alta; d. Muy alta.

- Profundidad efectiva:

a. Muy superficiales: 0 – 0.25 m.

b. Superficiales: 0.25 – 0.50 m.

c. Poco superficiales: 0.50 – 0.75 m.

d. Moderadamente profundo: 0.75 – 1.00 m.

e. Profundo: 1.00 – 1.50 m.

f. Muy profundo: > 1.50 m.

- Horizontes

O: Horizontes orgánicos de suelos minerales.

O1: Horizontes en la que la forma original de la mayor parte de la materia orgánica es visible sin la necesidad de lente de aumento.

O2: Horizonte en donde la forma original de la mayor parte de la materia orgánica vegetal o animal no se puede reconocer sin la ayuda de lente de aumento.

A: Horizonte orgánico-mineral o de evolución.

Ap: Horizonte que ha sufrido alteraciones debido a la aradura u otro tipo de labor.

A1: Horizonte formado o formándose en la superficie o en su proximidad, destacándose una acumulación de la materia orgánica humificada íntimamente asociada a la fracción mineral.

Az: Horizonte en el cual existe una pérdida de arcilla, hierro o aluminio, con la consecuente concentración de cuarzo u otros minerales recientes de tamaño de la arena i el limo.

A3: Horizonte de transición entre A y B pero con más características de A.

B: Horizontes minerales o iluviales.

B1: Horizonte de transición entre A y B pero con dominio de B.

B2: Horizonte donde se registra una concentración iluvial de arcilla silicatada, hierro, aluminio o humus, solo o combinados.

B3: Horizonte de transición entre B y C pero con dominio de B.

C: Horizonte similar al material parietal, poco afectado por procesos pedogenéticos y sin propiedades diagnósticas de A o B.

- Textura:

a. Gruesa: arena, arena franca.

b. Mediana: franco arenoso, franco, franco limoso, limoso, franco arcilloso, franco arcillo-arenoso, arcillo limoso, arcilloso.

- Estructura:

a. Por su forma: prismática, columnar, en bloques angulares, en bloques subangulares, granular, laminar, sin estructura grano sencillo, sin estructura (masivo).

b. Por su tamaño: grandes, medianos, pequeños.

c. Por su consistencia: débiles, medianos, fuertes.

- Consistencia:

a. En seco: suelto, suave, ligeramente duro, duro, muy duro, extremadamente duro.

b. En húmedo: suelto, muy friable, friable, firme, muy firme, extremadamente firme.

- Permeabilidad:

a. Impermeable

b. Muy lentamente permeable

c. Lentamente permeable

d. Permeable

e. Libremente permeable

f. Muy libremente permeable

- Color en seco y húmedo: escala Munsell. (Mérida, 1982. Pág. 91)

4.1.4. Características de los suelos Andisoles

Cuadro 1. Características de los subórdenes, códigos y lineamientos generales para los suelos del orden de los Andisoles.

No	Orden	Características	Suborden	Características	Código	Lineamientos generales de manejo
2	Andisol (and)	Los Andisoles están formados sobre materiales volcánicos y son comunes en las áreas volcánicas como lo es todo el cinturón del pacífico. Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo. En condiciones de fuerte pendiente tienden a erosionarse con facilidad. Una característica de los andisoles es su alta	Aquands	Andisoles que presentan una acumulación de agua en su interior por algún tiempo la mayoría de los años.	Dq	El principal problema para su manejo es la acumulación de agua, por lo que se debe considerar su drenaje o bien el establecimiento de especies vegetales que demanden mucha agua.
			Udands	Andisoles que no están secos en su interior, por más de 90 días en el año. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año.	Dd	Suelos con alto potencial para la agricultura, pero deben considerarse las limitantes que presentan en términos generales los andisoles y en este caso debe agregarse el riesgo de erosión hídrica, como consecuencia de la alta pluviosidad en los lugares donde están presentes estos suelos.

		retención de fosfatos (arriba del 85%), la cual es una limitante para el manejo, por lo que se debe considerar en los planes de fertilidad cuando se someten a actividades de producción agrícola.	Ustands	Andisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad	Ds	Su principal problema, además de las limitantes mencionadas a nivel del orden, es la falta de humedad la mayor parte del año, esta es una limitante para las actividades agrícolas.
			Vitrands	Son suelos con alto contenido de vidrio volcánico, lo que hace que tengan texturas gruesas (arenosas) y una baja retención de agua.	Dv	Por ser suelos bastante arenosos, demandan mayor cantidad de agua para actividades productivas agrícolas, sin embargo, por sus características físicas, son fácilmente labrables. Una limitante lo constituyen las pendientes fuertes en las cuales se les encuentra en muchos casos.

Fuente: MAGA, (2015).

4.1.5. Clasificación de los suelos con base en su fertilidad (CCF)

Según Tobías, H. A. (a) (1,997) “menciona que la Clasificación de los suelos con base en su fertilidad (CCF), fue desarrollada por técnicos de la Universidad de Carolina del Norte, Estados Unidos”.

Entre los propósitos para el desarrollo de ésta clasificación se pueden mencionar:

- Tener un medio de relación entre las ciencias del suelo, que vinculen los aspectos de clasificación y fertilidad de los suelos.

Esta clasificación de los suelos consta con tres niveles que son:

- Interpretar las características de los suelos a partir de mapas con clasificaciones naturales o técnicas, de tal forma que se facilite la elaboración de planes de manejo de suelos.
- Tipo: corresponde a la textura superficial del suelo,
- Sub-tipo: es la textura del suelo sub-superficial. Utilizado solo si existe cambio de textura o capa dura que impide el desarrollo radicular dentro de los primeros 0.50 m.

Modificadores: Comprende un total de 15 características físicas y químicas y que tienen relación con el manejo de los suelos.

4.1.6. Propósitos de los mapas e informes de suelos

Los levantamientos de suelos incluyen aquellas investigaciones necesarias para:

- Determinar aquellas características importantes de suelos,
- Clasificar suelos en tipos definidos y otras unidades de clasificación,
- Establecer e indicar sobre mapas las delimitaciones entre las clases de suelos y
- Correlacionar y predecir la adaptabilidad de los suelos a los diversos cultivos, pastos y árboles, su comportamiento y su productividad bajo

sistemas de manejo diferentes, y los rendimientos de los cultivos adaptados, bajo prácticas de manejo definidas.(**USDA United State Departament Of Agriculture, 1965. Pág. 646**)

También menciona que, el propósito fundamental de un levantamiento de suelos, como el de cualquier investigación, es el de hacer pronósticos, aunque los resultados de la investigación de suelos, están siendo aplicados a problemas diversos de ingeniería, sus aplicaciones principales se encuentran en el campo agrícola, incluyendo el forestal y pastoreo.(**Gramajo, 2002. Pág. 23**)

En este aspecto, el levantamiento de los suelos es útil en: planificación de fincas, clasificación de tierra rural, avalúo de tierras, poblamiento de tierras nuevas, guía para presuntos compradores de fincas, evaluación de las potencialidades para cultivos, manejo forestal, usos en construcción y otros usos. (**op. cit.**)

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal o de construcciones civiles. Antes de establecerse cualquier uso del suelo es necesario conocer sus características. Cuando se quiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones forestales se debe evaluar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. Luego de que las limitaciones del suelo han sido detectadas se puede determinar cuál es su uso más adecuado y cuál es el manejo racional que debería dársele.(**Osorio, 2015**)

“Una muestra del suelo es usualmente empleada para evaluar sus características. La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (submuestras) tomadas al azar de un terreno homogéneo”. (**op. cit.**)

“Es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar. Los análisis de suelos en el laboratorio se hacen siguiendo metodologías bastante detalladas y con técnicas analíticas cada vez más exactas y precisas”. (**op. cit.**)

Arc. GIS.

“Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG)”.(Morales, 2015)

Interpolar

“Es el método matemático que nos permite hallar un valor o dato que no se ha obtenido directamente, en un intervalo del cual le conocemos los extremos (valores)”. (op. cit.)

Clip

Herramienta para recortar una parte de una clase de entidad utilizando una o más de las entidades de otra clase de entidad como molde. Esto es particularmente útil para crear una nueva clase de entidad, también conocida como área de estudio o área de interés (AOI), que contenga un subconjunto geográfico de las entidades de otra clase de entidad mayor.(op. cit.)

4.1.7. Muestreo de suelos

“Dentro de cada unidad de muestreo se toma una muestra de suelo que es en realidad una “muestra compuesta”. Es decir, una muestra de suelo se compone de varias submuestras tomadas aleatoriamente en el campo”. (op. cit.)

El número de submuestras por cada muestra es variable, como recomendación general se sugiere que para una unidad de muestreo se tomen 10-20 submuestras. En cada sitio de muestreo se recomienda remover las plantas y hojarasca fresca (1-3 cm) de un área de 0.40 m por 0.40 m, y luego introducir el barreno o pala a la profundidad deseada y transferir aproximadamente 100- 200 g suelo a un balde plástico limpio. (op. cit.)

Las herramientas deben limpiarse después de tomar cada submuestra. Si se usa una pala, se puede hacer un hueco en forma de “V” y luego tomar de una de las paredes una porción de 0.10 por 0.10 por 0.03 m para transferir al balde.(Osorio, 2015)

La profundidad del suelo a la cual se toma la submuestra es también variable. En general se recomienda una profundidad de 0.20 m para la mayoría de cultivos agrícolas. Esto coincide con la mayor concentración de raíces en el suelo. Para pasturas la profundidad es un poco menor, 0.10 - 0.15 m son suficientes.(Osorio, 2015)

Precauciones al tomar muestras del suelo

Es importante establecer que se pretende tener una muestra lo más representativa posible del suelo en cuestión. Durante el muestreo se debe evitar fumar, comer, o manipular otros productos (cal, fertilizantes, cemento, etc.) para evitar la contaminación de la muestra y obtener resultados falsos. No tomar muestras cerca de los caminos, canales, viviendas, linderos, establos, saladeros, estiércol, estanques o lugares donde se almacenen productos químicos, materiales orgánicos, o en lugares donde hubo quemas recientes. Lavarse bien las manos antes de hacer el muestreo. No utilizar bolsas o costales donde se hayan empacado productos químicos, fertilizantes, cal o plaguicidas. No tomar muestras de un solo sitio del terreno.(Osorio, 2015)

4.1.8. Requerimientos nutricionales de *S. officinarum*

S. officinarum requiere al menos de 16 elementos esenciales para su crecimiento, estos elementos son: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo(P) potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).(Perez, 2015.)

“El requerimiento de nutrientes varía según la variedad, las condiciones edafoclimáticas y manejo del cultivo”. (op. cit.)

Cuadro 2. Extracción en kg/ha de N, P, K, Ca y Mg por tonelada producida de *S. officinarum*.

Nutriente	Variedad			
	CP72-2086	PGM89-968	SP79-2233	CG96-59
Nitrógeno (N)	1.0	0.92	0.88	1.19
Fósforo (P₂O₅)	0.40	0.45	0.45	0.48
Potasio (K₂O)	2.65	2.81	3.1	2.87
Calcio (Ca)	0.60	0.51	0.64	0.65
Magnesio (Mg)	0.27	0.19	0.33	0.21

Fuente: Pérez, (2015).

“En el cuadro anterior se observa que el elemento que más demanda *S. officinarum* es el potasio, la variedad que menos potasio demanda es CP72-2086 (2.65 kg de potasio/tonelada de caña comercial)”. (op. cit.)

Nitrógeno

La falta o escasez de nitrógeno se manifiesta en el poco desarrollo de toda la planta, poco macollamiento, tallos delgados y raquíticos y las hojas se tornan de un color verde pálido o amarillento. Los síntomas aparecen primero en las hojas viejas debido a la movilidad de este elemento en la planta. (Perez, 2015.)

Formas de nitrógeno en el suelo

El nitrógeno se encuentra en el suelo en su mayor parte en formas orgánicas y solo pequeñas cantidades se encuentran en formas minerales. Las formas orgánicas de N del suelo no son disponibles para las plantas y deben ser convertidas a formas minerales (NH₄⁺ y NO₃⁻) a través de los microorganismos del suelo, para que puedan ser aprovechadas por las raíces de las plantas. De esta manera, la mineralización del N orgánico de la materia orgánica (MO) del suelo es una fuente importante de disponibilidad de N para las plantas. (Perez, 2015.).

Materia orgánica de los suelos de la región cañera de Guatemala

En general, se puede considerar que los contenidos de M.O. de los suelos de la región cañera de Guatemala son altos comparados con otras regiones del trópico. La acumulación de M.O. es una característica de los suelos derivados de ceniza volcánica y especialmente de los Andisoles. (op. cit.)

La distribución de la M.O. de los suelos de la región cañera de Guatemala

En el estrato litoral (altitud < 40 msnm) predominan suelos con contenidos de MO menores al 3.0 por ciento, con predominancia de suelos Mollisoles y Entisoles, con altos potenciales de producción debido principalmente a las condiciones de temperatura, humedad y radiación solar favorables para el desarrollo del cultivo en estas zonas. Contenidos medios de MO (3.0 por ciento – 5.0 por ciento) es común encontrarlos en suelos Inceptisoles y Mollisoles del estrato bajo y en Andisoles derivados de ceniza volcánica reciente del estrato alto o pie de monte. Los más altos niveles de materia orgánica (MO > 5.0 por ciento) se localizan en suelos Andisoles más evolucionados de la zona media y central de la región. (Perez, 2015.)

Respuesta del cultivo a las aplicaciones de nitrógeno

“La respuesta de *S. officinarum* a las aplicaciones de nitrógeno en la zona cañera de Guatemala muestra alta correlación con los contenidos de materia orgánica del suelo”. (Perez, 2015.)

La dosis de nitrógeno varía según el número de cortes, debido a la disminución de la tasa de mineralización de la materia orgánica, como una consecuencia de la compactación del suelo, originada principalmente por el tráfico pesado utilizado en el laboreo, alce y transporte. (Perez, 2015.)

Recomendaciones de dosis de nitrógeno

“La cantidad de nitrógeno puede ser considerada por el nivel de materia orgánica del suelo, el rendimiento de *S. officinarum* esperado y el ciclo de cultivo (plantía o soca)”. (Perez, 2015.)

Cuadro 3. Recomendación de dosis en kg/ha de nitrógeno en el cultivo de *S. officinarum*.

Categoría de MO (%)	Caña plantía (kg N/ha)	Caña soca		
		^{1/} ReIN:TC	Dosis mínima	Dosis máxima
			Kg de N/ha	
Baja (<3.0)	80	1.14	100	150
Media (3.0 – 5.0)	70	1.0	90	130
Alta (>5.0)	60	0.9	80	120

Fuente: Pérez, (2015).

Fósforo

El fósforo es un nutriente esencial para las plantas y juega un papel vital en la fotosíntesis y en muchos otros procesos bioquímicos. Sus principales funciones son transporte y almacenamiento de energía, y el mantenimiento de la integridad de la membrana celular. El fósforo promueve el macollamiento y desarrollo de la raíz, de tal manera que es indispensable en las primeras fases del crecimiento del cultivo. Las deficiencias de fósforo en el cultivo de *S. officinarum* se manifiestan en un pobre macollamiento con tallos delgados y entrenudos cortos, las hojas son delgadas, angostas y más pequeñas (Perez, 2015.)

Suelos con bajo fósforo disponible y alta retención de este nutriente, se localizan en los estratos alto y medio de la región cañera, donde dominan suelos Andisoles que se caracterizan por poseer contenidos altos de alófana. Conforme se avanza hacia las zonas más bajas en dirección al océano pacífico, los contenidos de materiales amorfos y alófana en los suelos van disminuyendo y hay predominancia de suelos Mollisoles y Entisoles con contenidos altos de P. (Perez, 2015.)

Respuestas del cultivo a las aplicaciones de fósforo

“La respuesta de *S. officinarum* a las aplicaciones de fósforo en la zona cañera de Guatemala está relacionada con los contenidos de P del suelo”. (Perez, 2015.)

Se observa que las aplicaciones de P en suelos deficientes en este elemento en todos los casos incrementaron los rendimientos de *S. officinarum*, con relación a cuando solo se aplica N, y se obtienen incrementos hasta de 33 TCH más en un suelo Andisol de textura arenosa, localizado en el estrato alto de la región donde se han observado las respuestas a fósforo más altas. (Perez, 2015.)

En siembras nuevas o renovaciones en Andisoles con P bajo (< 10 ppm), aplicar 80 kg de P₂O₅/ha y en otros suelos aplicar 60 kg de P₂O₅/ha. En suelos con nivel medio de P, reducir la dosis a 60 y 40 kg de P₂O₅ para Andisoles y no Andisoles, respectivamente. En suelos con altos niveles de P (>30 ppm) no aplicar. En caña soca se recomienda aplicar P solo cuando los niveles de P son menores a 10 ppm, debido a la menor respuesta observada en caña soca a las aplicaciones de este elemento. Las dosis recomendadas en soca para suelos con bajo P es de 40 kg de P₂O₅/ha para Andisoles y de 25 kg de P₂O₅/ para otros suelos con menos retención de P. (Perez, 2015.)

Cuadro 4. Recomendación de dosis en kg/ha de fósforo en el cultivo de *S. officinarum*.

Nivel de P del suelo	Caña plantía		Caña soca	
	Andisoles	Otros suelos	Andisoles	Otros suelos
Bajo (< 10 ppm)	80	60	40	25
Medio (10 – 30 ppm)	60	40	0	0
Alto (>30 ppm)	0	0	0	0

Fuente: Pérez, (2015).

Potasio

El potasio es un elemento esencial en la osmoregulación, activación de enzimas, regulación del pH y balance entre aniones y cationes en las células. Interviene en la fotosíntesis y ejerce un control sobre los movimientos de azúcares y en el uso eficiente del agua por las plantas. El potasio es absorbido como ion K⁺

y es un elemento móvil dentro de las plantas. La falta de este elemento se manifiesta primero en las hojas viejas de las plantas con moteado y clorosis en la punta y márgenes de las hojas termina con necrosamiento en las hojas afectadas. La deficiencia prolongada de potasio puede afectar el desarrollo del meristemo apical lo que distorsiona las hojas apicales y da a la planta una apariencia de abanico(Perez, 2015.)

Se recomienda aplicar 60 kg de K₂O/ha cuando los niveles de K intercambiable del suelo son menores de 100 ppm y 80 kg de K₂O/ha cuando el contenido de arcilla del suelo es mayor de 35 por ciento. Los niveles medios de K varían según se trate de suelos con arcillas menores o iguales a 35 por ciento o suelos con arcillas mayores de 35 por ciento. Para ambos casos se recomienda la aplicación de 40 kg de K₂O/ha. No se recomienda aplicar K en suelos con contenidos de K mayores a 150 ppm en el caso de suelos con menos de 35 por ciento de arcilla y en suelos mayores de 300 ppm en el caso de suelos con arcilla mayor del 35 por ciento.(Perez, 2015.)

Cuadro 5. Recomendación de dosis en kg/ha de potasio en el cultivo de *S. officinarum*.

Suelos con arcilla =<35 %		Suelos con > 35 %	
K del suelo (ppm)	Dosis K (kg)	K del suelo (ppm)	Dosis K (kg)
<100	60	< 100	80
100 – 150	40	100 – 300	40
> 150	0	> 300	0

Fuente: Pérez, (2015).

4.1.9. Requerimientos nutricionales de (*S. officinarum* L.) en kg/ha

Según Químicas de Stoller (2,000), los requerimientos nutricionales que necesita el cultivo de *S. officinarum* para su buen desarrollo, y alcanzar los mejores rendimientos en toneladas de caña y de azúcar por unidad de área (157.15 ton/ha), son los que se aprecian en el cuadro seis.(Químicas Stoller, 2,000)

Cuadro 6. Requerimientos nutricionales de *S. officinarum*.

Elementos nutricionales en Kg/ha											
N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S	Cl	B	Cu	Fe	Mn	Zn
162.34	129.87	243.51	155.84	55.20	22.73	-----	0.03	0.03	0.26	0.10	0.10

Fuente: Químicas Stoller, (2,000).

4.1.10. Capacidad de intercambio catiónico

Se define a la capacidad de intercambio catiónico como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben cationes de la fase acuosa liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio químico entre ambas fases. La CIC refleja la suma total de los cationes intercambiables de un suelo. Cuanto mayor es la CIC mayor es la cantidad de cationes que éste puede retener (adsorber). (Sela, 2016)

“Los suelos difieren en su capacidad de retener cationes intercambiables. La CIC depende sobre todo de la cantidad y tipo de arcillas y del contenido de materia orgánica presentes en el suelo”. (op. cit.)

La CIC es un indicador directo de la fertilidad del suelo, controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Interviene en los procesos de floculación, dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados, importante sobre todo en los suelos alcalinos y, además, en la degradación física del suelo. La CIC también influye en los procesos de degradación química del suelo, determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo. (op. cit.)

“La CIC del suelo afecta directamente a la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes.”

“Las partículas de arcilla del suelo y la materia orgánica tienen una carga negativa sobre su superficie. Los cationes se atraen a estas partículas por fuerzas electrostáticas. La carga neta del suelo, es por tanto, cero”. (op cit.)

“Los suelos con alta CIC suelen tener alto contenido de arcilla y/o materia orgánica. Estos suelos son considerados más fértiles, ya que pueden retener más nutrientes”. (op. cit.)

Cuadro 7. Capacidades típicas de intercambio catiónico según componentes y tipos de suelo.

Material	CEC (meq/100g)
Arcillas	
Caolinita	3-15
Illita	15-40
Montmorillonita	80-100
Materia orgánica	200-400
Textura del suelo	
Arena	1-5
Arenoso franco a franco arenoso	5-10
Franco	5-15
Franco arcilloso	15-30
Arcilloso	>30

Fuente: Smart Fertilizer Management, (2015).

“Los cationes predominantes en los suelos agrícolas son los siguientes: K^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ , Na^+ , Al_3^+ y H^+ . Estos también son considerados "cationes intercambiables", porque pueden ser reemplazados por otros cationes presentes en la solución del suelo. (op. cit.)

“Otros nutrientes vegetales que llevan una carga positiva, pero están presentes en menores cantidades en el suelo, son NH_4^+ , Fe_2^+ , Mn_2^+ y Cu_2^+ ”. (op. cit.)

Sólo una pequeña porción de los nutrientes catatónicos está en la solución del suelo. Los cationes intercambiables, que están adheridos a las superficies de las partículas del suelo, están en equilibrio con la solución del suelo. La CIC, por lo tanto, proporciona una reserva de nutrientes para reponer los nutrientes que fueron absorbidos por las plantas o lixiviados fuera de la zona de la raíz. (op. cit.)

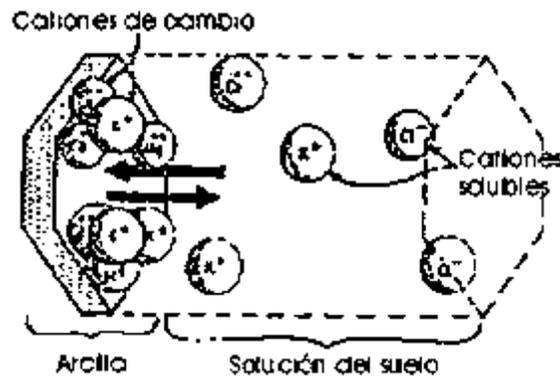


Figura 1: Cationes de cambio.
Fuente: FAO, (2016).

4.1.11. Saturación de bases

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo se refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7, su saturación de bases llega a un 100 por ciento y significa que no se encuentran iones de hidrógeno en los coloides. La saturación de bases se relaciona con el pH del suelo. Se utiliza únicamente para calcular la cantidad de limo requerida en un suelo ácido para neutralizarlo. (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, 1992)

La base de saturación es la cantidad de iones cargados positivamente, con exclusión de iones de hidrógeno y aluminio, que son absorbidos en la superficie de las partículas del suelo, se expresada como un porcentaje. La saturación de bases se relaciona positivamente con el pH del suelo debido a que un valor de saturación de bases alta indicaría que los sitios de intercambio de una partícula de suelo están dominados por iones no ácidos. (op. cit.)

La saturación de bases proporciona información útil de la acidez, la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad de los suelos en general. También le permite determinar la capacidad del suelo para actuar como un amortiguador frente a la acumulación de ácido y el potencial de lixiviación de minerales a partir de la tierra. La relación varía para cada suelo según sus propiedades y composición (tipo de arcillas, textura, materia orgánica entre otros.) En la siguiente tabla se muestran las relaciones medias entre el pH y la saturación de bases. (op. cit.)

Cuadro 8. Porcentaje de saturación de bases en función del pH.

pH	<3	4	5	6	7 ó mayor
V:	<10 %	10%	30%	80%	85%

Fuente: FAO, (2015).

Cuando mayor es el porcentaje de saturación de bases, la cantidad de iones H^+ en el coloide de cambio es menor, implica una menor concentración de los mismos en la disolución del suelo. (op. cit.)

El porcentaje de saturación de bases es la cantidad relativa de bases intercambiables e iones intercambiables de hidrógeno absorbidas en el complejo coloidal.(op. cit.).

4.1.12. Potencial de hidrógeno

El pH (potencial de hidrógeno) en la capa superficial del suelo se determina como el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo.(edafologia.fcien.edu.uy)

El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 muy ácido a 9,5 muy alcalino. Los suelos muy ácidos <5,5 tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos >8,5 tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5. **(op. cit.)**

Donde las precipitaciones son intensas se produce un lavado de bases del suelo, y por percolación se van llevando los elementos que le dan alcalinidad, tendiendo el suelo a la acidez. En zonas áridas, no existen lavados y los suelos son alcalinos. **(op. cit.)**

“El pH es uno de los principales responsables en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, incluyendo en la mayor o menor asimilabilidad de los diferentes nutrientes”. **(op. cit.)**

Considerando en conjunto los efectos producidos por los diferentes valores de pH en cuanto a la absorción de los nutrientes, puede decirse que el pH ideal se encuentra entre seis y siete, presentándose en zonas húmedas valores entre cinco – siete y siete – 8,5 para zonas áridas. **(op. cit.)**

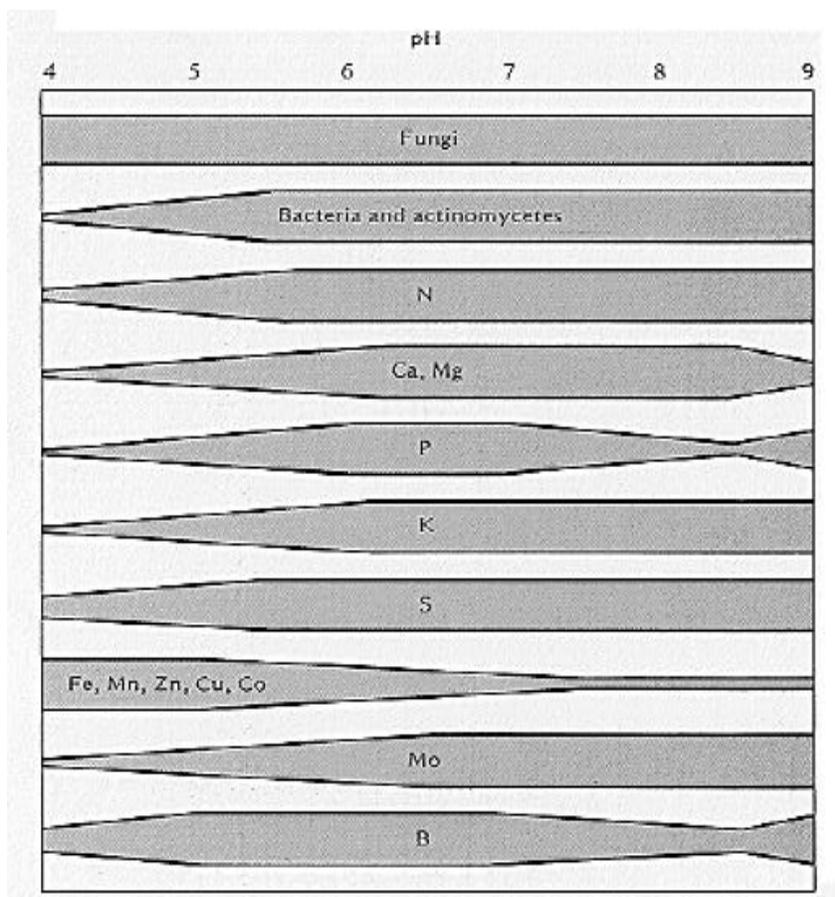


Figura 2: Niveles adecuados de pH.
Fuente: FAO, (2015).

“La acidificación es la tendencia del complejo de cambio del suelo a cargarse con más cantidad de iones H^+ , con el consiguiente detrimento del resto de los cationes minerales”.(edafologia.fcien.edu.uy)

La descalcificación se produce con el abandono de cationes Ca_2^+ del complejo. Si en el suelo no existe una reserva de calcio. La descalcificación aparece como una fase preliminar de la acidificación ya que siendo el calcio el catión más abundante, su salida facilita la fijación de iones H^+ para contrarrestar la carga del complejo. (op. cit.)

La descalcificación se produce por:

- Una importante extracción de Ca_2^+ por medio de los cultivos.
- Por las aguas de lluvias que contienen una pequeña cantidad de gas carbónico y son capaces de disolver la caliza existente en el suelo, de tal forma que el calcio es arrastrado a capas más profundas en forma de bicarbonatos de calcio.

Los factores que hacen que el suelo tenga determinado valor de pH son:

- Naturaleza del material original: roca ácida o básica.
- Factor biótico: los residuos de la actividad orgánica son de naturaleza ácida.(edafologia.fcien.edu.uy)

Complejo absorbente depende si se encuentra saturado con cationes de reacción básica (Ca^{++} , Mg^{++}) o de reacción ácida (H^+ o Al^{+++}). Bajo condiciones ácidas, el aluminio se encuentra soluble y en equilibrio con la solución del suelo como Al^{+++} , contribuyendo a la acidez del suelo por su hidrólisis.

Problemas de Aluminio. (op. cit.)

- Cuando el pH es menor a cinco es una fuente de acidez.
- Bloquea las posiciones de intercambio.
- Llega a ser tóxico para las plantas.
- Reduce la disponibilidad de fósforo.

Poder amortiguador del suelo

“El suelo tiene un poder amortiguador por el cual, al aplicarle ácidos o bases, este no varía en gran medida su pH”. (op. cit.)

Está relacionado con la existencia de coloides en su composición (suelo con mayor contenido coloidal, tendrán mayor capacidad de amortiguación). El poder amortiguador se relaciona con la capacidad de intercambio catiónico, es decir que a mayor CIC mayor poder amortiguador. (op. cit.)

“La capacidad de amortiguación es distinta según el tipo de suelo, suelos húmicos, suelos arcillosos, suelos francos, suelos arenosos”.

Importancia del pH

“El potencial de hidrógeno influye en las propiedades físicas y químicas del suelo”. (op. cit.)

Propiedades físicas

“El pH muy ácido tiene una intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable”. (op. cit.)

“pH alcalinos, la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones desde el punto de vista físico”. (op. cit.)

Propiedades químicas y fertilidad

“La asimilación de nutrientes del suelo esta influenciadas por el pH, ya que determinados nutrientes se pueden bloquear en determinadas condiciones de pH y no son asimilables para las plantas”. (op. cit.)

Importancia del pH para los vegetales

“El pH de la solución del suelo en contacto con las raíces puede afectar el crecimiento vegetal de dos formas principalmente”: (op. cit.)

- a. "Afectando la disponibilidad de los nutrientes. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes con lo que permanecen en forma no disponible para las plantas". (op. cit.)

- b. Afectando al proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces, todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal. Fuera de este rango la absorción radicular se ve dificultada y si la desviación en los valores de pH es extrema, puede verse deteriorado el sistema radical o presentarse toxicidades, debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (aluminio). (op. cit.)

Corrección del pH

Suelos muy ácidos

"Encalados (óxido de calcio CaO o carbonato de calcio CaCO_3), donde el ión H de la molécula se reemplaza por el catión calcio". (op. cit.)

La reacción del suelo y el encalado

La reacción del suelo es otro factor importante para la productividad / fertilidad del suelo y el crecimiento de la planta. Unidades de pH indican la reacción del suelo. Un pH de siete significa que el suelo es químicamente neutral; valores más bajos significan que el suelo es ácido (con una excesiva concentración de iones hidrogenados (H^+) en el complejo de adsorción) y valores más elevados indican alcalinidad [una predominancia de calcio (Ca_2^+) y /o de cationes de sodio (Na^+)].(Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, 1992)

El valor pH de suelos productivos normales oscila entre cuatro y ocho y tiene que ser considerado como una característica específica del suelo. Su óptimo es determinado por la etapa de desarrollo del suelo y debería no alterarse excesivamente. En los trópicos húmedos, el pH del suelo tiende a ser más bien bajo, es decir ácido, a causa del efecto de la lixiviación de lluvias torrenciales. En los trópicos secos, la reacción del suelo puede ser más alta de siete, es decir alcalino, debido a la acumulación de elementos alcalinos tales como calcio y sodio. **(op.cit.)**

Los suelos ácidos son llevados a una reacción menos ácida o neutral a través del encalado. Los requerimientos de cal de un suelo pueden ser estimados por los análisis de pH del suelo. Para corregir la acidez del suelo la cal molida (CaCO_3) es uno de los materiales más efectivos y menos costosos. La cal dolomítica ($\text{CaCO}_3 \text{MgCO}_3$) también provee magnesio dónde se necesita. **(op. cit.)**

Otros materiales para corregir la acidez del suelo son la marga (CaCO_3), las cenizas de maderas y la harina de hueso ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). En suelos ácidos, se debe dar preferencia al uso de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos que contienen Ca_2^+ como cationes. La enmienda cálcica tiene el efecto positivo de precipitar el aluminio libre, controlando de este modo la toxicidad del Al. Un efecto negativo puede ser que el encalado con un pH siete puede causar deficiencia de micronutrientes (excepto el molibdeno/Mo) en suelos tropicales. Cuando sea posible, la enmienda cálcica y los fertilizantes (con macro- o micronutrientes) no deberían ser aplicados al mismo tiempo, sino a intervalos de tiempo. **(op. cit.)**

En suelos con un elevado pH (suelos alcalinos), los fertilizantes formadores de acidez tales como el sulfato amónico, nitrosulfato amónico, nitrato amónico o urea deberían preferiblemente ser usados en este orden para corregir la alcalinidad. En suelos salinos / sódicos el yeso es una enmienda útil en la eliminación de sodio (Na). **(op. cit.)**

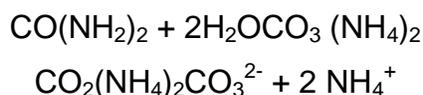
Suelos muy alcalinos

“Agregado de azufre (en polvo o molido). Inicialmente se oxida y luego esos radicales oxidados toman el hidrogeno del suelo formando H₂SO₄ (ácido sulfúrico), este disocia y los H pasan a sustituir las bases de la molécula”.(edafologia.fcien.edu.uy)

Efecto de algunos fertilizantes sobre el pH

“Urea: no es exigente en cuanto a la naturaleza del suelo, con excepción de los suelos muy ácidos, que son poco activos biologicamente”. (op. cit.)

“En un principio se observa un comportamiento básico debido a que la amida pasa a carbonato amónico”.(op. cit.)



“Luego la forma amoniacal pasa a forma nítrica liberando hidrógeno al medio, que es la forma en que la mayoría de las plantas toman el nitrógeno del suelo. El comportamiento final de la urea es de carácter ácido”. (op. cit.)

Fosfato monoamónico: Por la alta solubilidad del fosfato puede utilizarse en toda clase de suelos. Aunque su uso está especialmente indicado en los de pH elevado, por su carácter acidificante. En suelos calizos debe preverse una importante pérdida de eficacia por precipitación del fosfato en forma bicalcica o tricalcica. (op. cit.)

Fosfato diamónico: En solución acuosa tiene carácter básico, debido a la existencia de la forma PO₄H₂⁻ en su composición.

Cloruro potásico: Es una sal neutra, pero puede presentarse como potencialmente ácida, ya que el K^+ es absorbido por la planta mayor cantidad que el Cl^- . Este anión puede reaccionar con el calcio del suelo formando Cl_2Ca , muy soluble, que es fuertemente lixiviado, produciéndose una descalcificación de los horizontes superficiales. El Ca^{2+} desplazado del complejo absorbente y perdido por lixiviación puede ser sustituido por otros cationes. Cuando lo sustituye el H^+ , el suelo se acidifica. (op. cit.)

“Sulfato potásico: Es acidificante, debido a que el SO_4^{2-} es menos absorbido por la planta que el K^+ ”. (op. cit.)

“Superfosfato: No ejerce ninguna acción significativa sobre el pH del suelo”. (op.cit.)

“Nitrato de calcio: se considera con efectos basificantes, debido a su contenido en calcio (28 por ciento CaO). Nitrato de potásico: Reacción prácticamente neutra”. (op. cit.)

“Complejos NPK: Pueden ser de distintos tipos de pH, pero generalmente son ácidos o neutros, en función de las materias activas que componen su fórmula química”. (op. cit.)

Efecto del pH sobre la CIC del suelo

“La carga de algunos de los componentes del suelo que contribuyen a la CIC se ve afectada por el pH del suelo”. (op. cit.)

Estos componentes tienen grupos funcionales de OH en sus superficies. El grupo OH puede liberar o absorber protones. En un alto pH, los protones se liberan de este grupo, la carga del grupo funcional se hace negativa y como resultado aumenta la CIC del suelo. (op. cit.)

“Los grupos de OH están presentes en las superficies de arcilla caolinita, hidróxidos (principalmente Al e hidróxidos de Fe) y materia orgánica”. (op. cit.)

Hay dos tipos de CIC medidas en los laboratorios:

- CIC en condiciones neutras.
- CIC en el pH real del suelo.

“Los valores resultantes de estas dos diferentes mediciones pueden variar y ser muy diferentes”. (op. cit.)

“La CIC medida en el pH real del suelo se conoce como "CIC efectiva", abreviada como CICE”. (op. cit.)

“Las imprecisiones en la medición se producen cuando el pH del suelo es mayor a 7,5 o cuando se ha aplicado recientemente cal agrícola. Bajo estas condiciones, la CIC resultante es sobreestimada”. (op. cit.)

4.1.13. Materia orgánica

La materia orgánica, considerada como una mezcla compleja y variada de sustancias orgánicas, desempeña un importante papel en los suelos agrícolas. A pesar de que la misma constituye solo una pequeña fracción de la mayoría de los suelos, es un componente dinámico que ejerce una influencia dominante en muchas propiedades y procesos del suelo. Frecuentemente un efecto lleva a otro, de modo que de la adición de materia orgánica a los suelos, resulta una cadena compleja de múltiples beneficios. **(Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, 1992)**

Ciclos de nutrientes

A través de un complejo entramado de ciclos (carbono, nitrógeno, azufre, fósforo), los elementos circulan dentro del ecosistema, siendo su destino final preferentemente la materia orgánica. En esta dinámica, el componente vivo del suelo, tiene una enorme importancia a la hora de determinar el movimiento de nutrientes y su distribución además de la velocidad a la que los nutrientes son reciclados. **(op. cit.)**

Influencia en las propiedades físicas

El humus tiende a dar a los horizontes superficiales colores, castaño, y de oscuro a negro. Favorece la granulación y la estabilidad estructural, especialmente por la producción de sustancias no-húmicas durante la descomposición. Las fracciones húmicas ayudan a disminuir la plasticidad, cohesión y adhesividad de los suelos arcillosos, tornándolos más fáciles de manejar. También mejora la retención de agua, ya que la materia orgánica mejora tanto la velocidad de infiltración como la capacidad de almacenaje de agua. **(op. cit.)**

Influencia en las propiedades químicas

Debido a que el humus tiene una capacidad de intercambio de cationes (CIC) de dos a 30 veces mayor (por kg) que la de varios tipos de minerales de arcilla, generalmente es responsable de 50 a 90 por ciento del poder de adsorción de cationes de los suelos minerales superficiales. Igual que las arcillas, los coloides húmicos retienen cationes nutrientes (potasio, calcio, magnesio, etc.) en formas fácilmente intercambiables, a partir de las que las plantas pueden usarlos pero que no pueden ser fácilmente llevados fuera del perfil por el agua que percola. Por su capacidad de intercambio de cationes y sus grupos funcionales ácidos y básicos, la materia orgánica provee además gran parte de la capacidad de amortiguación del pH de los suelos. **(op.cit.)**

“Además en los constituyentes de la materia orgánica del suelo hay almacenados nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes, que son liberados lentamente por mineralización”. (op cit.)

Asimismo, los ácidos húmicos atacan los minerales del suelo y aceleran su descomposición, liberando así nutrientes esenciales en forma de cationes intercambiables. Los ácidos orgánicos, polisacáridos y los ácidos fúlvicos pueden atraer cationes como Fe_3^+ , Cu_2^+ , Zn_2^+ y Mn_2^+ de los bordes de las estructuras minerales y formar quelatos oligarlos en complejos órgano-minerales estables. (op. cit.)

Algunos de estos metales se hacen más disponibles como micronutrientes para las plantas porque son conservados en forma soluble bajo forma de quelatos. En los suelos muy ácidos, la materia orgánica mitiga la toxicidad de aluminio porque liga los iones aluminio en complejos no-tóxicos. (op. cit.)

La materia orgánica del suelo tiene un rol decisivo en el balance global del carbono, el cual es considerado el factor más influyente en el calentamiento global o efecto invernadero. A pesar de que la materia orgánica constituye sólo una pequeña fracción de la masa total en la mayoría de los suelos, es un componente dinámico que en muchas propiedades ejerce una influencia dominante física, química y biológica. (op. cit.)

En los suelos superficiales, proporciona gran parte de las capacidades de intercambio de cationes y de retención de agua. Ciertos componentes de la materia orgánica son responsables, en gran medida, de la formación y estabilización de los agregados del suelo. Además, la materia orgánica contiene grandes cantidades de nutrientes para las plantas, especialmente nitrógeno, y actúa como un depósito que los libera lentamente. Aún más, la materia orgánica proporciona la energía y los constituyentes celulares a la mayoría de los microorganismos. Además de facilitar el crecimiento de las plantas por los efectos

ya mencionados, ciertos compuestos orgánicos presentes en los suelos tienen efectos estimulantes directos en el crecimiento de las plantas. Por todas estas razones, mejorar la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo es un factor esencial en el mejoramiento de la calidad del suelo. (op. cit.)

4.1.14. Momento de aplicación de fósforo y potasio para el cultivo de *S. officinarum*

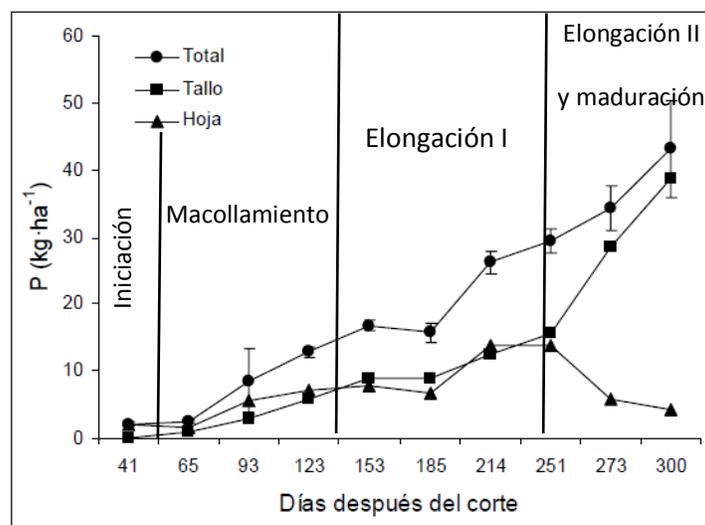


Figura 3. Acumulación de fósforo (P en tallos y hojas de *S. officinarum* (kg/ha). Fuente: Rengel, (2004).

Según Rengel (2004), en el cultivo de *S. officinarum* se experimentó una sostenida extracción de fósforo (P) durante casi todo el ciclo, en la figura tres se puede observar que hay una demanda de este nutriente desde los 65 días después del corte (ddc), que comprende la fase de iniciación a la fase de elongación I y se puede observar otra demanda a los 185 ddc, que se da desde la fase de elongación I hasta la fase de maduración.

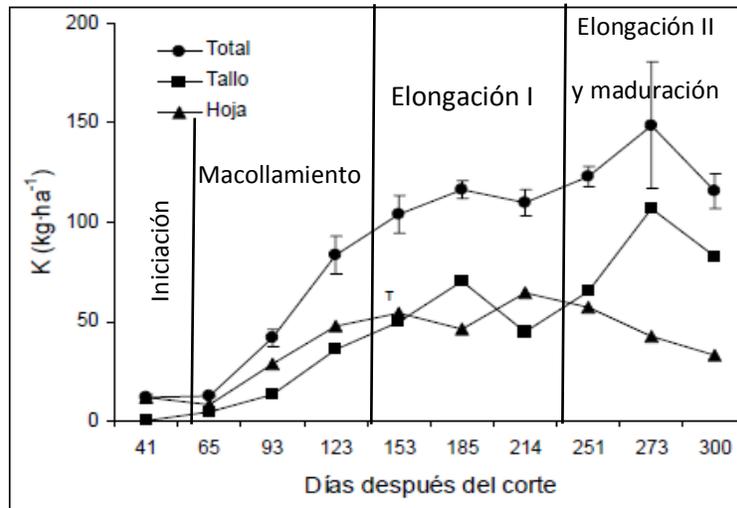


Figura 4. Acumulación de potasio (K) en tallos y hojas de *S. officinarum* (kg/ha). Fuente: Rengel, (2004).

Según Rengel (2004), la mayor parte del potasio requerido por *S. officinarum* fue absorbido durante las etapas de macollamiento e inicio de la maduración, pero la mayor demanda de potasio (K) se ha asociado con la etapa de macollamiento. La aplicación debe ser en un sesenta por ciento en la fase de iniciación a la fase de macollamiento (41 a 153 ddc) ya que esta fase demanda más potasio y el cuarenta por ciento se debe aplicar desde la fase de elongación I a la fase de maduración (153 a 300 ddc) ya que esta fase demanda menos potasio como se puede observar en la figura cuatro.

4.2. Marco referencial

4.2.1. Ubicación geográfica

Finca Melimar, se encuentra en el municipio de Santo Domingo, departamento de Suchitepéquez, se ubica a una altitud de 370 msnm, en las coordenadas 14°30'47,533" latitud norte, 91°26'48,189" longitud este, la empresa agrícola se encuentra a 6.5 kilómetros de la cabecera departamental Mazatenango, Suchitepéquez, cuenta con un total de área de 909.38 hectáreas. **(Autor, 2015)**

4.2.2. Condiciones climáticas

Finca agrícola Melimar, se ubica en la zona de vida bosque muy húmedo sub-tropical cálido, con altura de 370 msnm. Con una temperatura que oscila entre un mínimo de 25 °C y un máximo de 37 °C. La humedad relativa se encuentra en 77 por ciento. Con una luminosidad aproximada de 10 horas luz al día. **(Holdrige, L R. 1982).**

Los suelos pertenecen al declive del pacífico pertenecientes a la serie de Santo Domingo, suelos profundos desarrollados sobre material volcánico mezclado, declive en porcentaje de 4-10, drenaje mediano, capacidad de abastecimiento de humedad mediana, peligro de erosión alta, fertilidad natural alta mediana, problemas de pedregosidad, color café oscuro, textura y consistencia franco limosa friable. **(Simmons, Tárano T., & Pinto Z., 1959. Pag. 286)**

La precipitación pluvial anual es de 4,145 mm en promedio.

4.2.3. Vías de acceso

La entrada principal de finca Melimar, se encuentra por la calle principal de la comunidad Las Cruces del municipio de San Bernardino departamento de Suchitepéquez. Las calles divisoras de las parcelas agrícolas de la extensión superficial de finca Melimar, colindan con las calles de las fincas, Horizonte, Las Animas Aguirre y Encantos García del municipio de Santo Domingo, Suchitepéquez. (Autor, 2015)

4.2.4. Mapa de finca Melimar

En las figuras cinco y seis se presenta el croquis de la extensión territorial de la finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

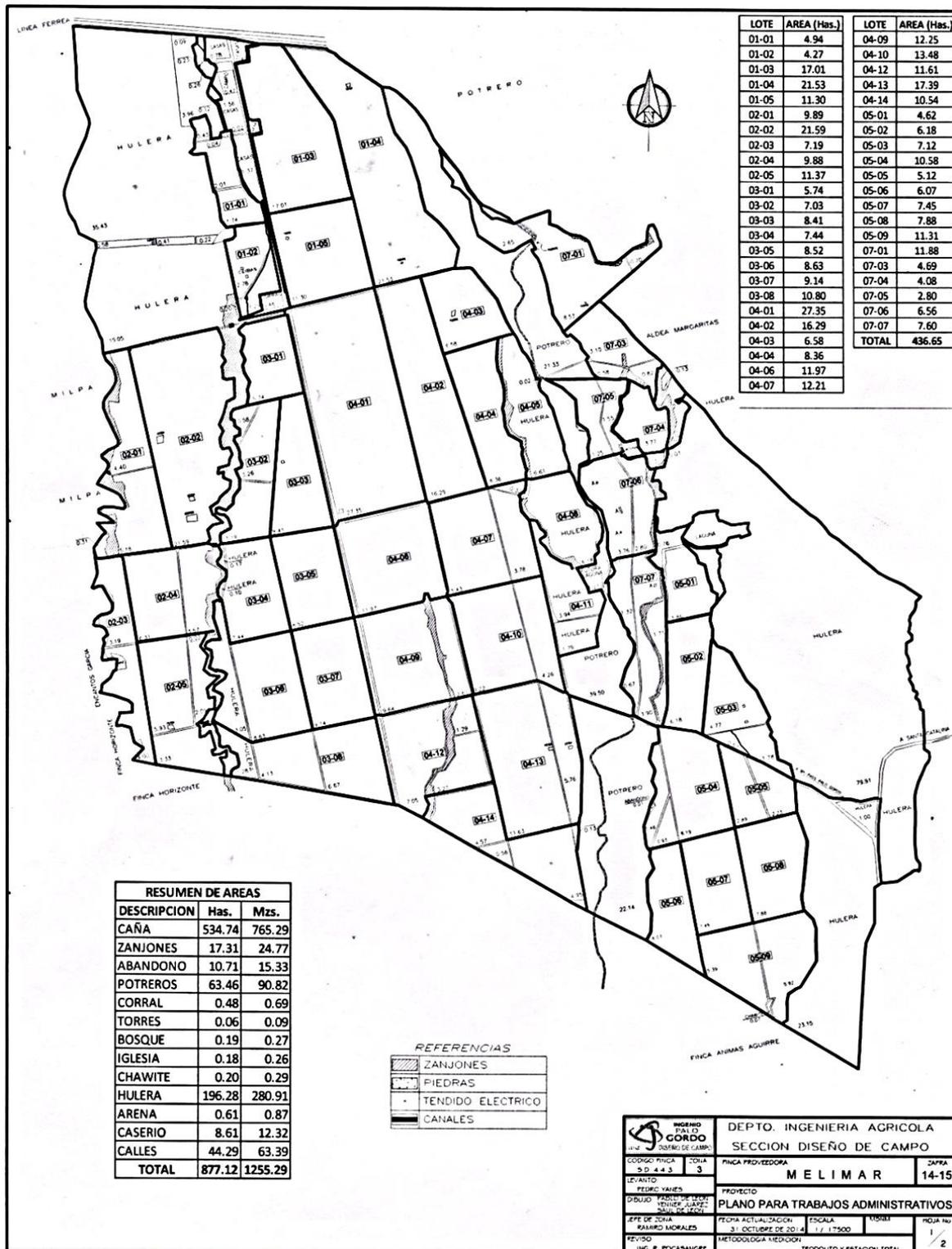


Figura 5: Distribución geográfica de parcelas en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Fuente: Archivo Melimar, (2015).

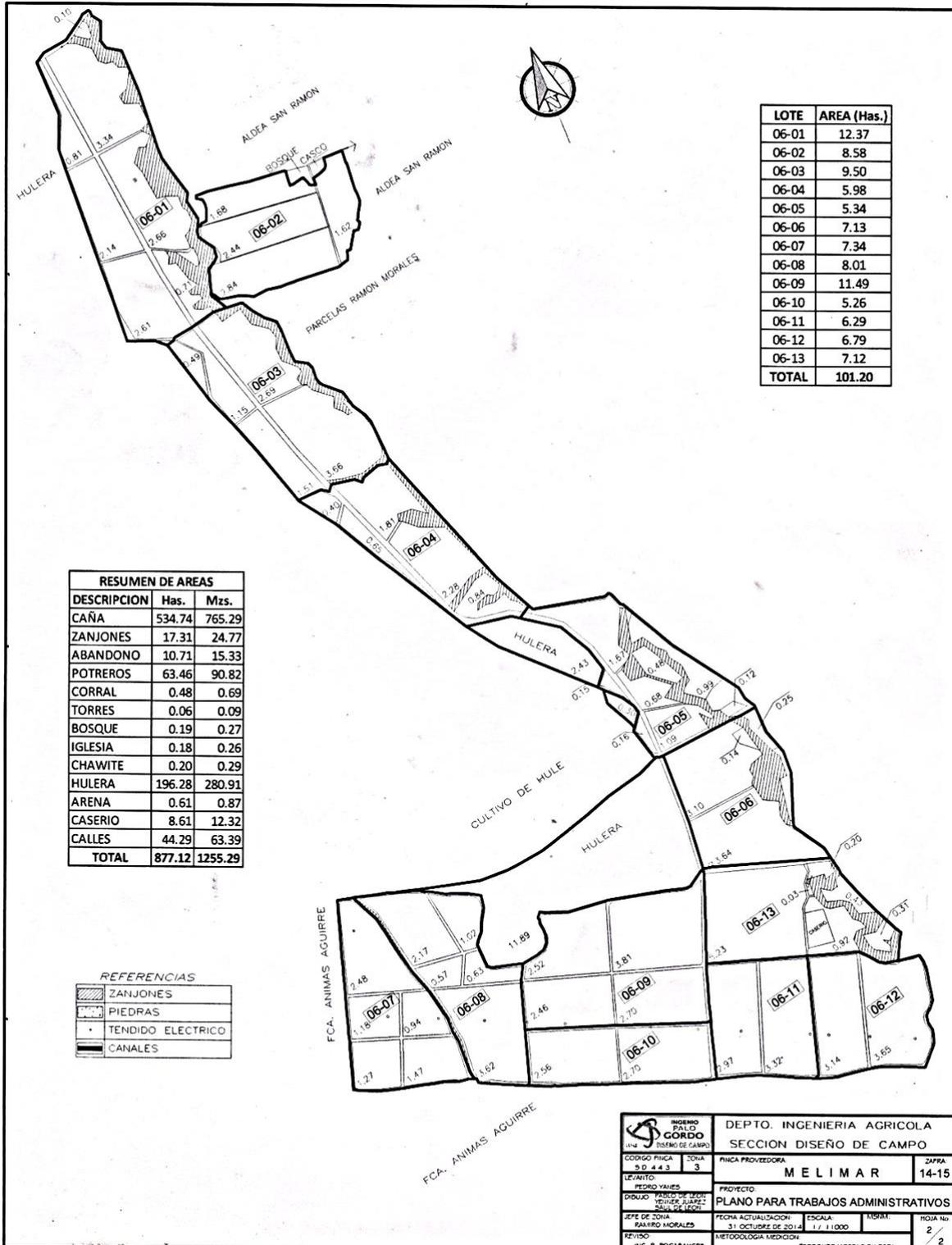


Figura 6: Distribución geográfica de parcelas en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Fuente: Archivo Melimar, (2015).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Clasificar los suelos con fines de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

5.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el nivel nutricional actual de los suelos para cultivar caña de azúcar (*S. officinarum*) de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.
- Identificar las áreas que requieren enmiendas de fósforo y potasio de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.
- Analizar la relación de los rendimientos de caña de azúcar *S. officinarum* con la materia orgánica, potasio y fosforo, en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.
- Determinar las características físicas y químicas de los perfiles que conforman la zona radicular de *S. officinarum*, en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

6. HIPÓTESIS

H₀. Todas las áreas de producción de caña de azúcar (*S. officinarum*) de finca Melimar poseen niveles nutricionales similares.

H_a. Al menos un área de producción de caña de azúcar (*S. officinarum*) de finca Melimar posee niveles nutricionales diferentes.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Materiales

- Una pala.
- Una cinta métrica.
- Un metro de bolsillo.
- Un azadón.
- Un machete.
- Una piocha.
- Una motocicleta.
- Treinta litros de combustible.
- Una computadora.
- Un software Arc. Gis.
- Un dispositivo GPS.
- Dieciocho escatas de madera.
- Una yarda de nylon.
- Un ciento de bolsas de polietileno.
- Un pala doble.
- Dos costales.
- Cinco pares de guantes de nylon.
- Un litro de alcohol etílico al 75 %.
- Un croquis del área.
- Una calculadora.
- Una cámara fotográfica.
- Una libreta de campo.
- Un lapicero.

7.2. Recurso humano

- Un practicante de EPS.
- Dos empleados de la unidad productiva.

7.3. Metodología

La investigación se llevó a cabo en las siguientes fases.

7.4. Fase de gabinete

Previo al estudio, se realizó la fase de gabinete, recopilando datos, hojas cartográficas de la finca, localización de puntos de las calicatas en el software Arc. Gis., cálculo y forma de recolección de las muestras apoyándose con el software Arc. Gis., y metodologías para la recolección de muestras para análisis de fertilidad en *S. officinarum*.

7.4.1. Determinación de características homogéneas de los suelos

Previo al estudio se determinaron las unidades de muestreo geográficamente, realizando polígonos de las diferencias de suelos, según su coloración y topografía, mediante hojas cartográficas de la finca, utilizando el software Arc. Gis 9.3., se diferenciaron nueve polígonos.

El polígono uno se diferenció por el color de los suelos, por la división que forma el río seco y por ser suelos en los que se aplica riego por aspersión. El polígono dos, se diferenció debido a la coloración de los suelos, por la división que forma un zanjón y por ser parcelas que se riegan por melgas. El polígono tres, es una parcela que se utiliza para cultivar *S. officinarum* para material reproductivo y por la coloración de los suelos. El polígono cuatro, se clasificó según la coloración de los suelos y la división que forma un zanjón. El polígono cinco, se diferenció según la coloración de los suelos y por ser de las únicas parcelas que se les incorpora cachaza (fibra de caña), El polígono seis, se diferenció según la coloración de los suelos y por la división que forman unas parcelas de *H. brasilienses* con el polígono uno. El polígono siete, se diferenció por su coloración de los suelos y al momento del premuestreo se observó que las características físicas son diferentes al polígono ocho. El polígono ocho, se clasificó según la coloración de los suelos. Y el polígono nueve, se clasificó según la coloración de los suelos y por estar ubicado entre el río seco y un zanjón. En la figura siete se muestran los polígonos.

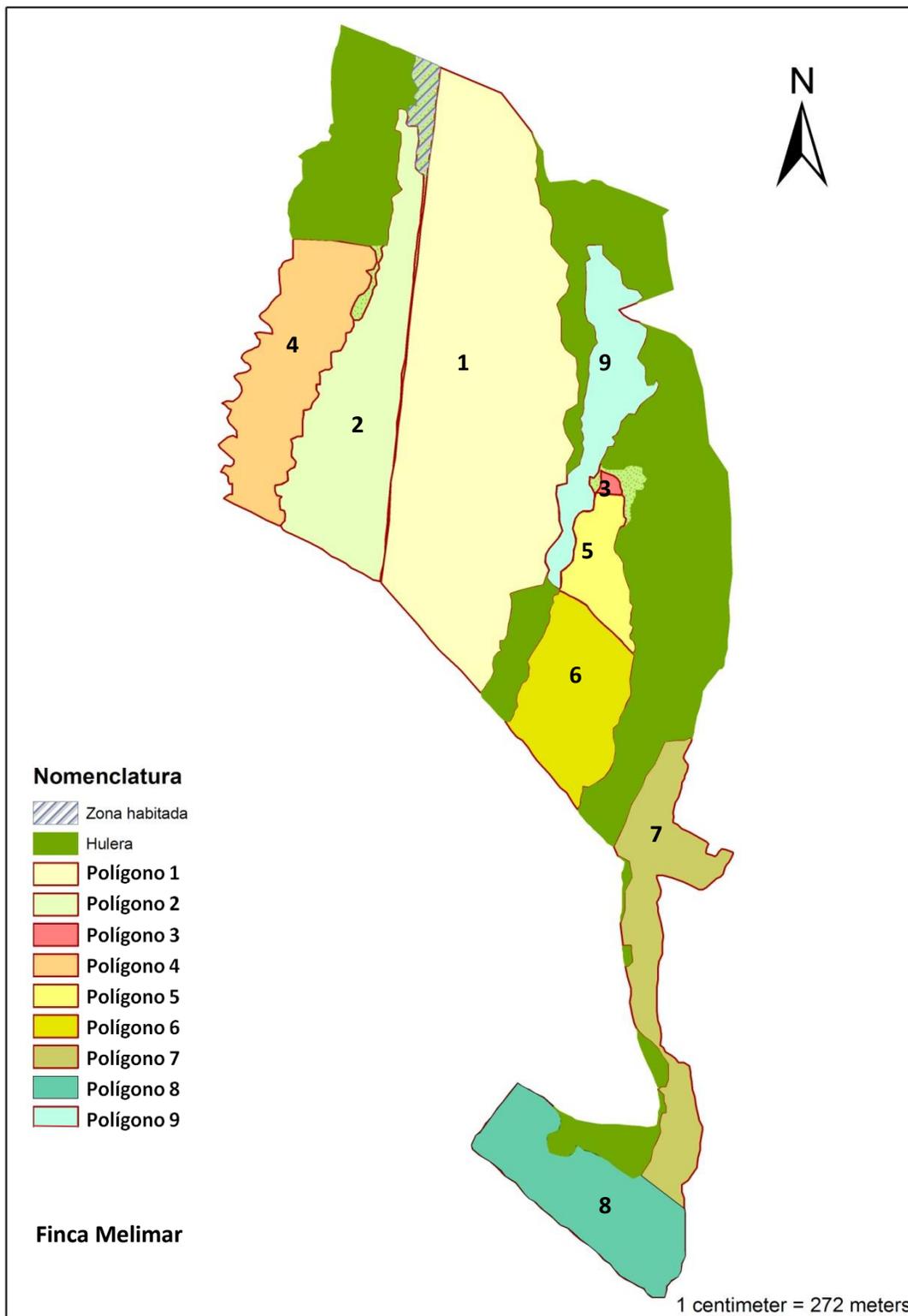


Figura 7: Distribución geográfica de polígonos en el área de estudio, en finca, Melimar Santo Domingo, Suchitepéquez. Fuente: Autor, (2015).

7.4.2. Ubicación del punto de muestreo para calicatas

Con el software Arc. Gis 9.3. se realizó una cuadrícula de una hectárea con el comando grid, para cada polígono clasificado, se cuantificó cada cuadro dentro del polígono, para establecer un punto de muestreo.

Se ubicó al azar un punto de muestreo por cada kilómetro cuadrado, en cada polígono se determinaron las coordenadas de los puntos mediante un shape de puntos.

En la cuadro nueve se muestran las coordenadas del punto de muestreo para la calicata del polígono dos. El área del polígono dos es de 84.74 ha por lo tanto se realizó una calicata según el levantamiento a nivel semidetalle, una calicata por kilómetro cuadrado (100 ha).

Cuadro 9. Puntos de muestreo para calicatas, dentro de la finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Polígono	No. Calicata	Coordenadas	
		Punto de muestreo uno	Punto de muestreo dos
1	2	91°26'34,721"W14°30'33,374"N	91°26'40,832"W14°29'19,827"N
2	1	91°26'56,261"W14°30'1,219"N	
3	1	91°26'12,788"W14°29'32,454"N	
4	1	91°27'12,126"W14°30'3,105"N	
5	1	91°26'15,175"W14°29'19,277"N	
6	1	91°26'20,331"W14°28'46,917"N	
8	1	91°26'14,201"W14°27'21,639"N	
9	1	91°26'11,543"W14°29'56,909"N	

Fuente: Autor, (2015).

En el cuadro nueve se detalla la cantidad de calicatas que se excavaron por cada polígono, así mismo las coordenadas del punto de muestreo de la calicata, para ubicarlo en campo, mediante un dispositivo GPS. En la figura 17 se observa la excavación de una calicata.

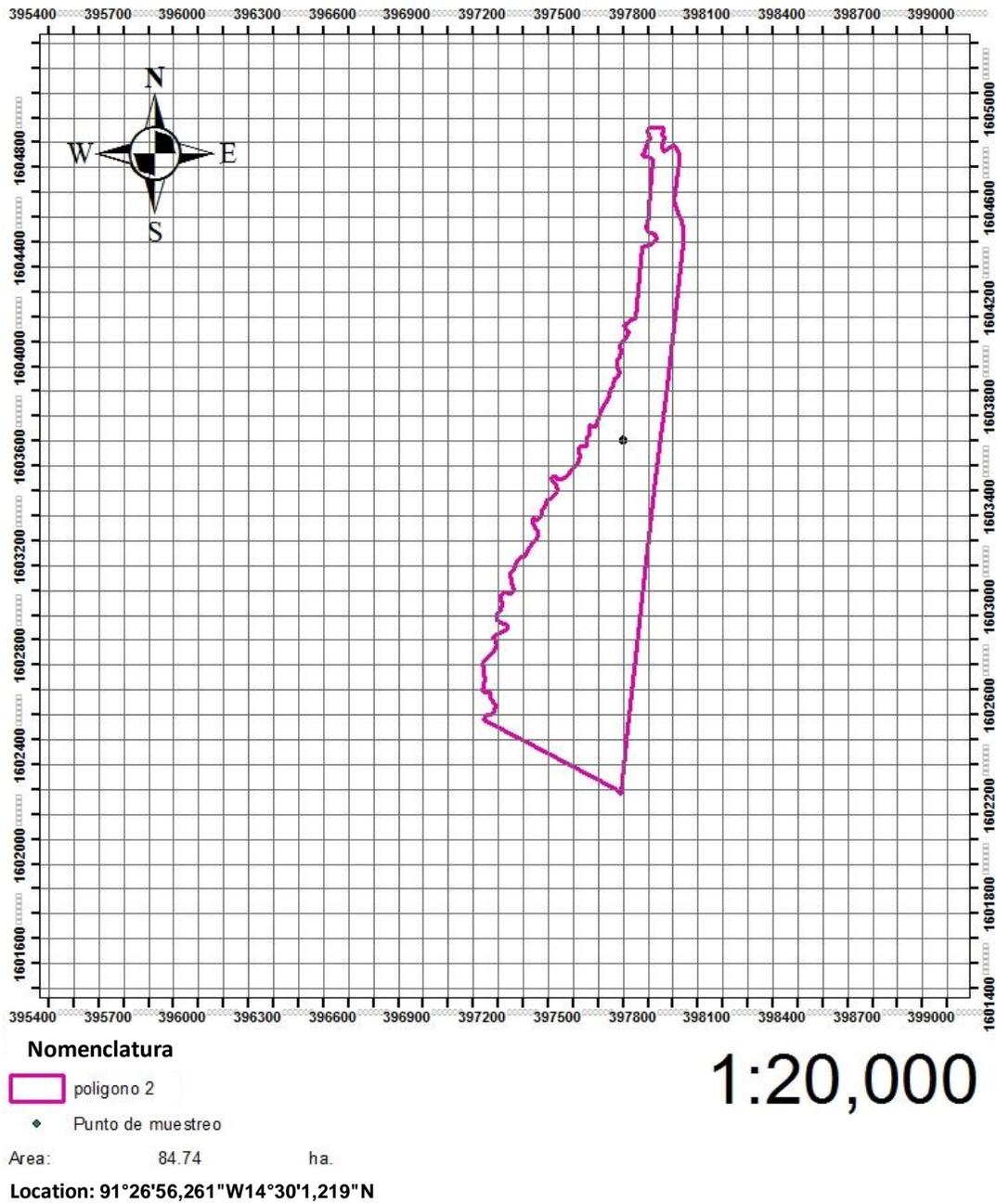


Figura 8: Localización del punto para calicata del polígono dos en finca Melimar Santo Domingo Suchitepéquez.

Fuente: Autor, (2015).

7.4.3. Determinación de unidades de muestreo para análisis de fertilidad

Según las características homogéneas de la coloración y topografía de los suelos que presenta el área de la finca, se diferenciaron nueve polígonos.

En parcelas menores a cinco hectáreas se tomaron diez submuestras, y en parcelas mayores se tomaron dos submuestras por hectárea. Luego de estandarizar la cantidad de submuestras por parcela, se determinó la manera sistemática para obtenerlas, de la siguiente manera:

- a) Se contó el número de surcos del lote a muestrear.
- b) Se verificó el total de hectáreas del lote en el mapa.
- c) Se midió el largo de un surco aproximadamente, el del centro del lote.
- d) Con los datos obtenidos, se realizó el siguiente cálculo:
- e) El área total del lote se utilizó para verificar el número de submuestras a recolectar por lote.

$$\text{No.submuestras por lado de lote} = \frac{\text{Submuestras totales}}{2}$$

$$\text{Distancia entre submuestra (m)} = \frac{\text{largo del surco central}}{\text{No.submuestra por lado del lote}}$$

$$\text{Distancia entre surco (m)} = \frac{\text{No,de surcos totales}}{\text{No.submuestra por lado del lote}}$$

En parcelas no uniformes se realizó la misma operación tratando de homogenizar el muestreo.

7.5. Fase de campo

7.5.1. Premuestreo

Luego de diferenciar los polígonos según su coloración y topografía en el software Arc Gis, se realizó un premuestreo con una pala doble, verificando la homogeneidad de la preselección a nivel de gabinete. Se realizó un premuestreo en zig zag en la parte superior, central e inferior de las parcelas que conforman un polígono.

7.5.2. Ubicación del punto de muestreo para las calicatas

Las coordenadas de los puntos de muestreo para realizar las calicatas, se ingresaron a un dispositivo GPS para ubicarlas en campo. Luego de encontrar el punto se instaló una estaca con bandera de polietileno en el punto de muestreo y en el surco que se encontraba.

Posteriormente a la localización de los puntos de muestreos, se procedió a la excavación de la calicata. Se limpió en el punto de muestreo luego se excavó un metro cuadrado por una profundidad de 0.60 m. Las observaciones fueron las siguientes:

- Profundidad de los horizontes.
- Color de los horizontes.
- Estructura de los horizontes.

Luego de las observaciones se tomó una muestra de un kilogramo por cada horizonte en la parte central del horizonte para el análisis físico-químico. Cada muestra se etiquetó con el nombre del técnico, profundidad del horizonte, color de horizonte, estructura observada y tipo de análisis.

7.5.3. Muestreo de suelos en las parcelas de (*S. officinarum*)

Con la tabla de la cantidad de submuestras a tomar por cada polígono de forma sistemática formando una X en cada parcela que forman un polígono. Se tomaron parámetros al momento de coleccionar la submuestra, se evitó tomar la submuestra en lugares donde habría canales de riego, áreas arenosas, con cachaza, anegadas, o cualquier característica que pudiera alterar la muestra.

En parcelas con áreas menores a cinco hectáreas se tomaron 10 submuestras y en parcelas mayores se tomaron dos submuestras por cada hectárea. Luego de ubicar el punto de muestreo se limpió la superficie, se hizo un agujero en forma de "V" en la parte central del surco, a una profundidad de 0.25 m, se tomó una tajada desde la superficie hasta el fondo eliminando los bordes, tomando la parte central de la tajada.

Se depositaron todas las submuestras de un polígono en una cubeta para homogeneizarla y extraer una muestra compuesta de un kilogramo, con su respectiva etiqueta. (fecha, técnico, tipo de análisis, número de polígono, profundidad de muestreo, tipo de análisis).

Se muestrearon todas las parcelas que conformaron un polígono para extraer una muestra compuesta. De esta manera se manejó el muestreo para cada polígono, dando un total de nueve muestras compuestas.

7.6. Fase de laboratorio

Se enviaron nueve muestras para análisis químico y físico para la fertilidad de los suelos, 20 muestras de suelos para análisis químico y físico para estudio de los horizontes. Las 29 muestras se enviaron al laboratorio de suelo, planta, agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente orden:

- a. Nivel nutricional de las áreas establecidas con *S. officinarum*, en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.
- b. Áreas que requieren enmiendas de fósforo y potasio en la producción de *S. officinarum*, en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.
- c. Relación de los rendimientos de *S. officinarum* con materia orgánica, potasio y fósforo, en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.
- d. Características físicas y químicas de los perfiles que conforman la zona radicular de *S. officinarum*, en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

8.1. Nivel nutricional de las áreas establecidas con *S. officinarum*

8.1.1. Niveles de nitrógeno (N) según el porcentaje de materia orgánica

Cuadro 10. kg/ha de nitrógeno según el porcentaje de materia orgánica.

Categoría de M.O. (%)	Caña plantía	Caña soca (Dosis mínima)	Caña soca (Dosis máxima)
Baja (<3.0)	80	100	150
Media (3.0 – 5.0)	70	90	130
Alta (>5.0)	60	80	120

Fuente: Pérez, (2015).

En el cuadro diez se detallan los niveles de materia orgánica en porcentajes y las recomendaciones de nitrógeno por hectárea según Pérez, (2015).

Cuadro 11. Porcentaje de materia orgánica de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

No. polígono	% M.O.	Demanda de nitrógeno kg/ha		Nitrato de amonio kg/ha (33% nitrógeno)		
		Plantía	Soca	Plantía	Soca dosis mínima	Soca dosis máxima
1	8.88	60	80 – 120	181.82	242.43	363.64
2	8.26	60	80 – 120	181.82	242.43	363.64
3	6.26	60	80 – 120	181.82	242.43	363.64
4	7.99	60	80 – 120	181.82	242.43	363.64
5	7.06	60	80 – 120	181.82	242.43	363.64
6	7.59	60	80 – 120	181.82	242.43	363.64
7	7.59	60	80 – 120	181.82	242.43	363.64
8	3.33	70	90 - 130	212.12	272.73	393.95
9	5.99	60	80 – 120	181.82	242.43	363.64

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015) y Pérez, (2015).

En el cuadro 11 se detallan los porcentajes promedio de materia orgánica que contienen las parcelas de cada polígono. Del polígono uno al siete y nueve, poseen niveles altos mayor a cinco por ciento de M.O., se recomienda en *S. officinarum* plantía la aplicación de 60 kg/ha. Basado en el porcentaje de nitrógeno que posee el nitrato de amonio (33 por ciento), las parcelas de dichos polígonos demandan 181.82 kg/ha para cubrir la demanda del cultivo. En *S. officinarum* soca, se deben aplicar 242.43 kilogramos (dosis mínima) de nitrato de amonio por hectárea y en *S. officinarum* soca (dosis máxima) 363.64 kg/ha de nitrato de amonio.

El polígono ocho posee un porcentaje de 3.33, se considera un porcentaje medio. Por lo tanto se recomienda aplicar en las parcelas de dichos polígonos, en *S. officinarum* plantía 212.12 kg/ha de nitrato de amonio, en *S. officinarum* soca (dosis mínima) 272.73 kg/ha y en *S. officinarum* soca (dosis máxima) 393.95 kg/ha. En la nueve se observa la distribución geográfica del porcentaje alto a bajo de materia orgánica en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

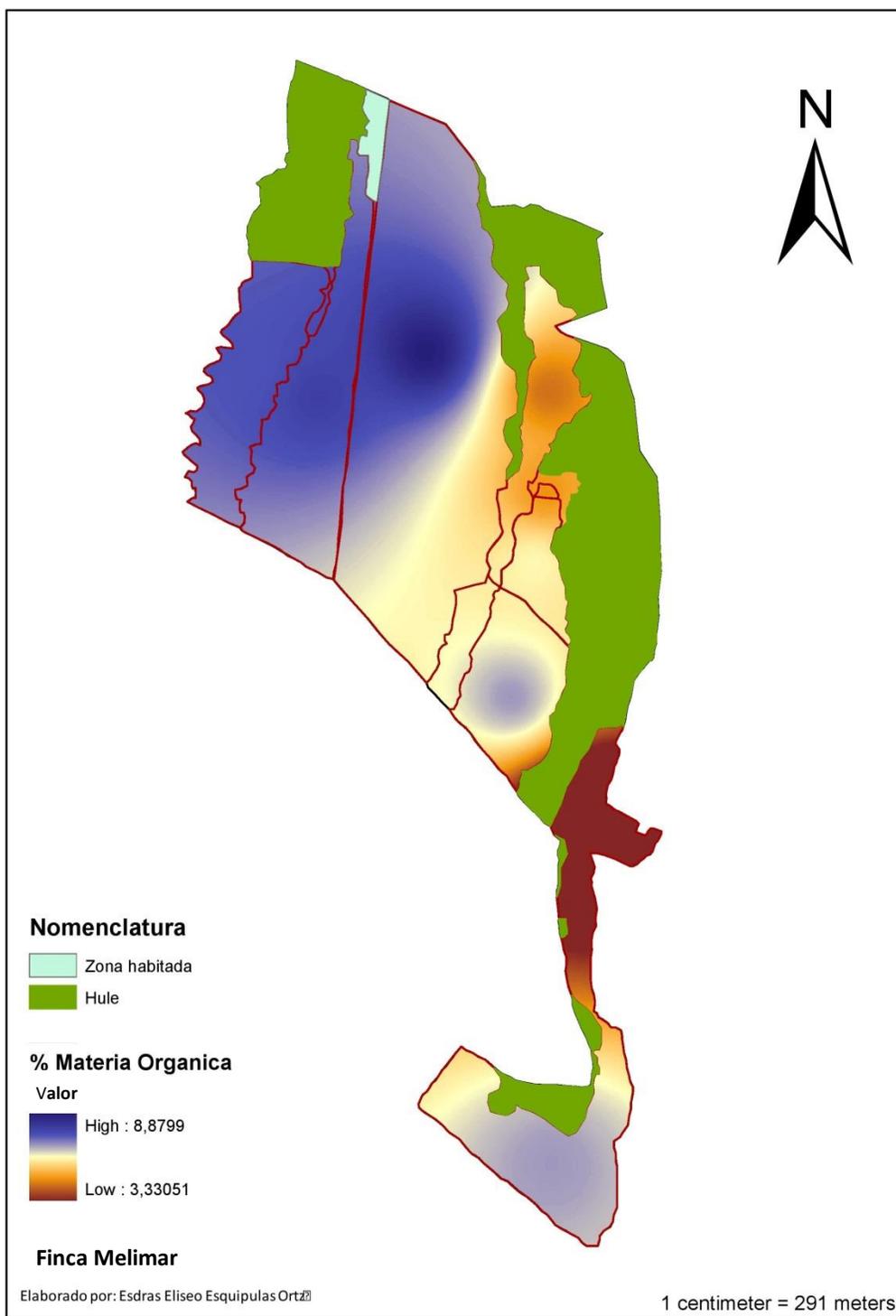


Figura 9: Distribución geográfica del porcentaje alto a bajo de materia orgánica en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

8.1.2. Áreas que requieren enmiendas de Potasio (K)

Cuadro 12. Niveles de potasio del suelo para el cultivo de *S. officinarum*.

Suelos con arcilla =<35 %		Suelos con > 35 %	
K del suelo (ppm)	Dosis K (kg)	K del suelo (ppm)	Dosis K (kg)
<100	60	< 100	80
100 – 150	40	100 – 300	40
> 150	0	> 300	0

Fuente: Pérez, (2015).

Cuadro 13. Niveles en ppm de potasio de la finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

No. Polígono	Potasio K	Porcentaje de arcilla
1	152,48	11.63
2	218,95	15.83
3	136,84	7.43
4	301,06	11.63
5	152,48	9.53
6	74,29	9.53
7	129,02	11.63
8	195,49	17.93
9	93,84	11.63

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

En el cuadro 13 se detallan los niveles de potasio expresados en partes por millón. Basados en el cuadro trece, se observó que las parcelas de los polígonos uno, dos, cuatro, cinco y ocho, tienen un nivel alto, por lo tanto no se recomienda la aplicación de fertilizantes con potasio. Las parcelas del polígono tres y siete se encuentran en un nivel medio, por lo que se recomienda la aplicación de 40 kg/ha de potasio. Las parcelas de los polígonos seis y nueve se encuentran en un nivel bajo, por lo que se recomienda aplicaciones de 60 kg/ha de potasio. En la figura diez se observa la distribución geográfica del nivel alto a bajo de potasio en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

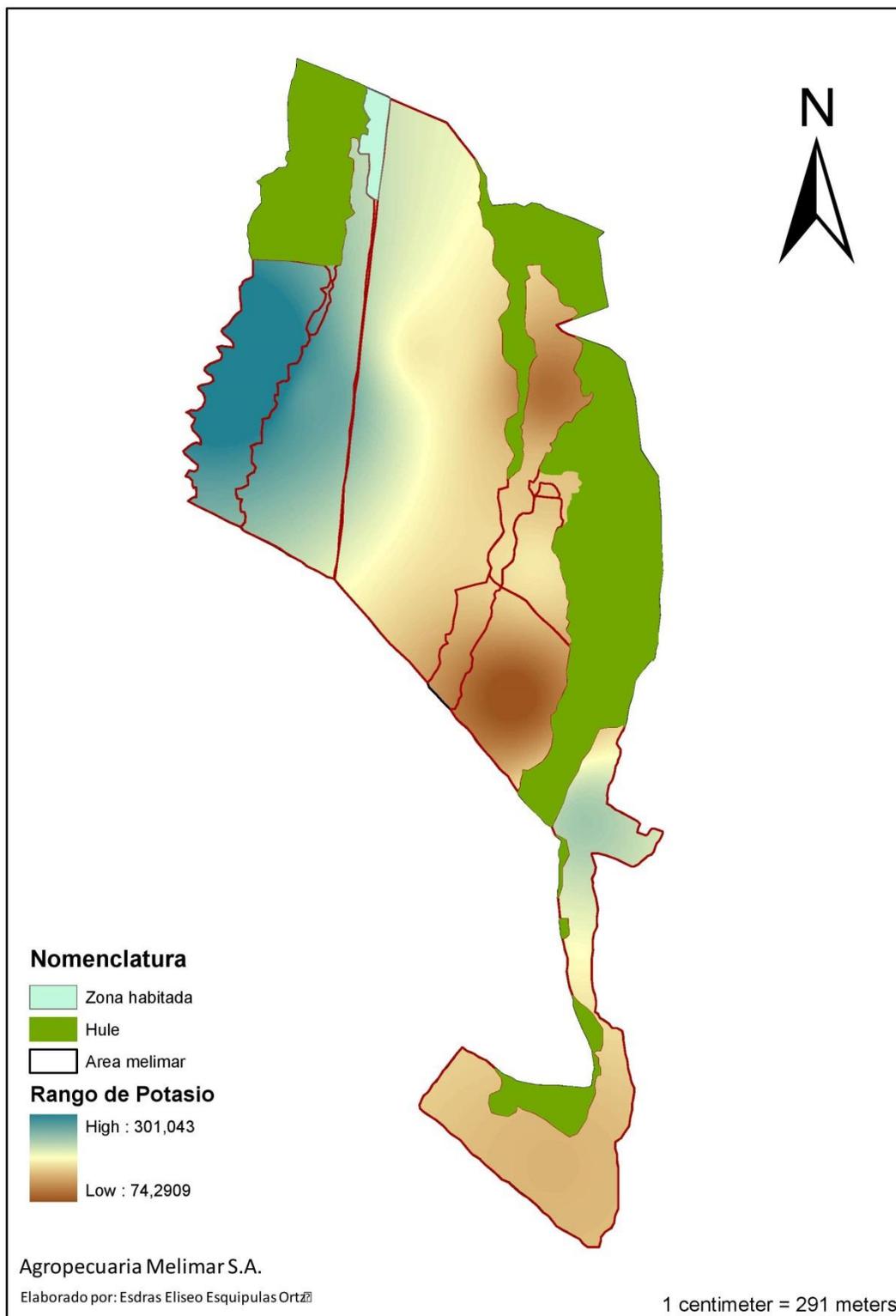


Figura 10: Distribución geográfica del nivel alto a bajo de potasio en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

8.1.3. Áreas que requieren enmiendas de fósforo (P)

Cuadro 14. Niveles de fósforo del suelo para el cultivo de *S. officinarum*.

Nivel de P del suelo	<i>S. officinarum</i> plantía		<i>S. officinarum</i> soca	
	Andisoles	Otros suelos	Andisoles	Otros suelos
Bajo (< 10 ppm)	80	60	40	25
Medio (10 – 30 ppm)	60	40	0	0
Alto (>30 ppm)	0	0	0	0

Fuente: Pérez, (2015).

Cuadro 15. Niveles en ppm de fósforo de los suelos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Parcela	Fósforo P
1	0,82
2	0,78
3	4,03
4	1,38
5	16,19
6	1,67
7	1,36
8	3,12
9	6,16

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

En el cuadro 15 se detalla los niveles en ppm (partes por millón) de fósforo que poseen las parcelas. Finca Melimar posee suelos Andisoles, por lo tanto, las recomendaciones están basadas en los niveles para esta clase de suelos. El polígono cinco es el único que se encuentra en un nivel medio, son parcelas que le incorporan “cachaza”, por lo que es recomendable la aplicación de 60 kg/ha de fósforo en *S. officinarum* plantía, y no se recomienda la aplicación de fertilizantes fosforados para *S. officinarum* soca. Los niveles de fósforo para el resto de la parcelas de *S. officinarum* de la finca, contienen niveles bajos de fósforo, por lo que se recomienda para *S. officinarum* plantía 80 kg/ha y para *S. officinarum* soca 40 kg/ha. En la figura 11 se observa la distribución geográfica del nivel alto a bajo de fósforo en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

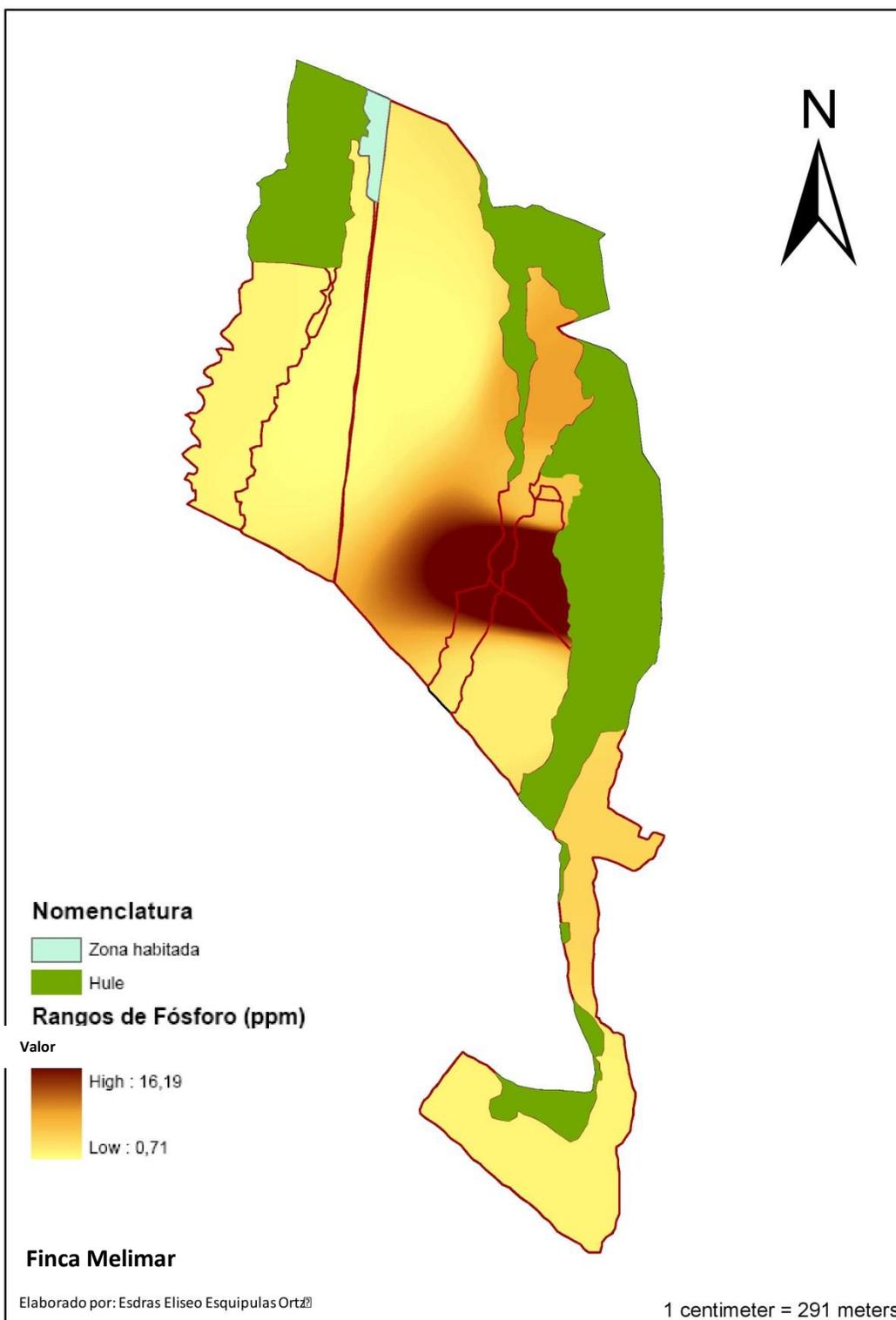


Figura 11: Distribución geográfica del nivel alto a bajo de fósforo en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

8.1.4. Macro elementos secundarios y micro elementos

Cuadro 16. Requerimientos nutricionales del cultivo de *S. officinarum*.

Elementos nutricionales en kg/ha								
Ca	Mg	S	Cl	B	Cu	Fe	Mn	Zn
155.84	55.20	22.73	-----	0.03	0.03	0.26	0.10	0.10

Fuente: Químicas Stoller, (2,000).

Cuadro 17. Kg/ha de macro elementos secundarios y micro elementos de los suelos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

No.	Macro secundarios		Micro elementos				
	calcio Ca	magnesio Mg	sodio Na	cobre Cu	zinc Zn	hierro Fe	manganeso Mn
1	9002,52	1011,70	267,26	3,75	5,63	11,25	50,63
2	9103,72	808,14	233,35	14,00	3,50	19,25	31,50
3	5245,21	483,06	241,39	3,75	1,88	33,75	41,25
4	10129,71	820,29	250,01	9,38	3,75	9,38	37,50
5	12744,80	1048,15	275,88	1,88	15,00	33,75	80,63
6	7123,86	565,09	258,63	1,88	1,88	22,50	39,38
7	8251,06	820,29	275,88	1,88	3,75	22,50	45,00
8	7499,60	1048,15	267,26	7,50	7,50	161,25	82,50
9	6372,40	710,92	258,63	1,88	3,75	61,88	54,38

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

En el cuadro 17 se detallan los niveles de los macro elementos secundarios y los micro elementos que contienen los suelos de finca Melimar cultivados con *S. officinarum*, comparado con los macro elementos secundarios y micro elementos que requieren los suelos para cultivar, dicha gramínea, los suelos de finca Melimar, contienen niveles adecuados de estos elementos.

En los cuadros 29 y 30 se detallan los macro elementos primarios, macro elementos secundarios y micro elementos en kilogramos por hectárea y partes por millón de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

En las figuras 18 a la 22 se observan las hojas de los resultados de los análisis físico – químico realizado por el laboratorio de suelo, planta, agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala.

8.1.5. pH, S.B. y C.I.C. de los suelos de finca Melimar

Cuadro 18. Niveles de pH, S.B. y C.I.C. de los suelos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Nivel adecuado	pH	S.B.	C.I.C.
	6 – 6,5	75 – 90	20 - 25
Polígono			
1	5,3	22,12	35,29
2	5,1	21,67	38,23
3	5,0	23,27	20,00
4	5,2	23,10	37,64
5	5,5	43,99	23,53
6	5,3	19,90	29,41
7	5,1	25,50	27,65
8	5,2	39,40	17,65
9	4,9	20,53	27,06

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

En el cuadro 18 se detallan los niveles de pH, saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico. Comparado con los niveles adecuados que recomienda el laboratorio de la Facultad de Agronomía, el nivel de pH de las parcelas de la finca se encuentra un grado bajo, sin embargo las parcelas del polígono cinco se encuentran dentro del rango aceptable para el cultivo de *S. officinarum*. Por lo tanto el resto de parcelas tienen el riesgo de toxicidad de aluminio y magnesio por tener un grado de pH menores a 5,5.

El porcentaje de saturación de bases comparado con los niveles adecuados, se encuentra bajo, sin embargo mejorando el pH del suelo se podría mejorar el porcentaje de saturación de bases.

En el cuadro 18 también se detalla la capacidad de intercambio catiónico que poseen los suelos de finca Melimar, comparado con los niveles adecuados, los niveles se encuentran aceptables, sin embargo las parcelas del polígono ocho, se encuentran en un rango bajo, por lo que puede afectar en la retención de los nutrientes, y se encuentra vulnerable en su poder amortiguador para los cambios de pH, podría tener problemas de lixiviación de nutrientes.

8.1.6. Clasificación textural de los suelos de finca Melimar

Cuadro 19. Clase textural de los suelos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Parcela	%			Clase textural
	Arcilla	Limo	Arena	
1	11.63	37.42	50.95	Franco arenoso
2	15.83	39.52	44.65	Franco
3	7.43	29.02	63.55	Franco arenoso
4	11.63	37.42	50.95	Franco arenoso
5	9.53	24.82	65.65	Franco arenoso
6	9.53	33.22	57.25	Franco arenoso
7	11.63	35.32	53.05	Franco arenoso
8	17.93	26.92	55.15	Franco arenoso
9	11.63	26.92	61.45	Franco arenoso

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

En el cuadro 19 se detalla la clase textural que posee finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

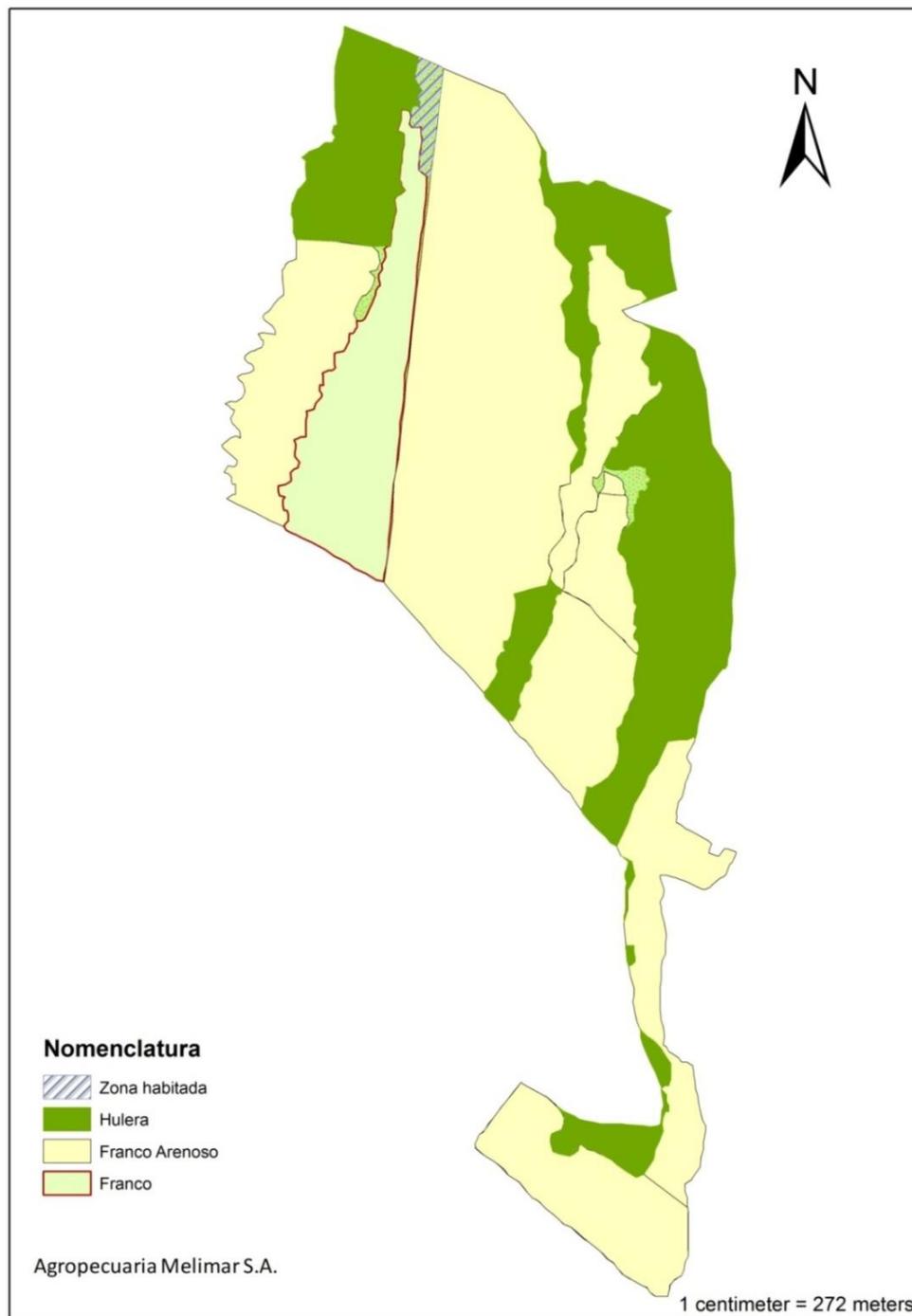


Figura 12: Distribución geográfica de las dos clases texturales en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

En la figura 12 se muestra la clasificación textural de la finca. Las parcelas del polígono dos, poseen textura franca, el resto de las parcelas de la finca poseen clase textural franco arenosa.

8.2. Relación entre los rendimientos y el porcentaje de materia orgánica, fosforo y potasio

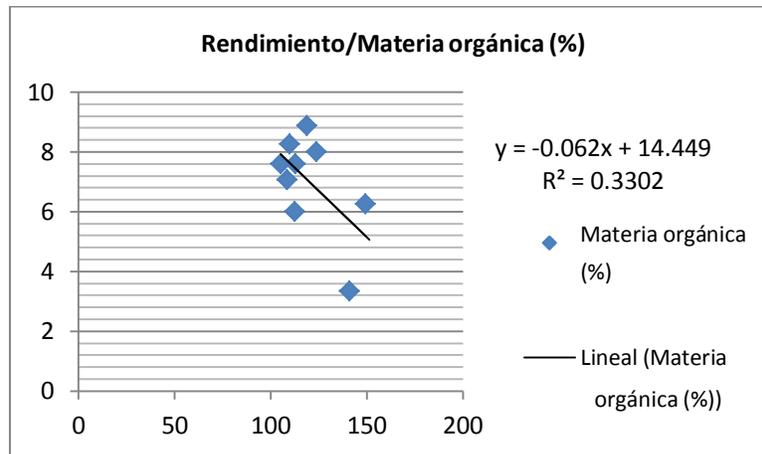


Figura: 13: Dispersión entre rendimiento y materia orgánica

En la figura 13 se observa la relación entre el rendimiento de *S. officinarum* en kilogramo por hectárea y el porcentaje de materia orgánica que poseen los polígonos, el valor de R^2 es de 0.330 lo cual indica una relación entre estos factores de 33 por ciento. Por lo tanto existen otros factores que intervienen entre el material orgánico y los rendimientos. Sin embargo la relación es significativa.

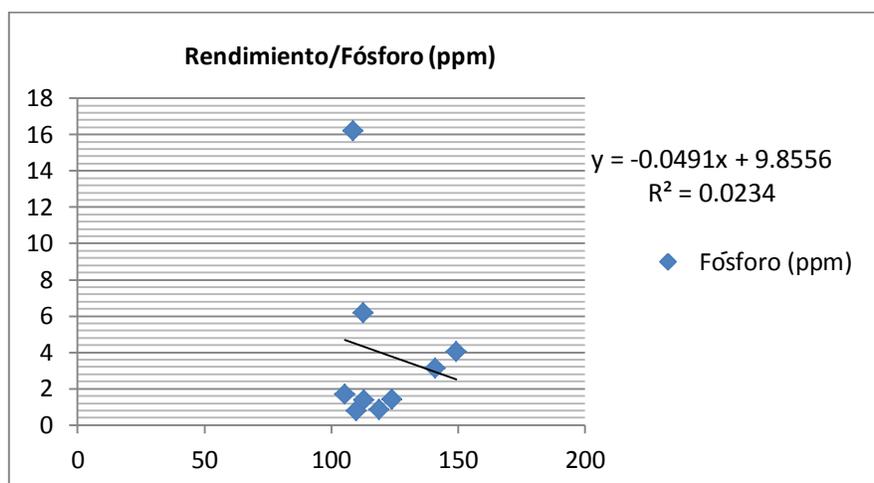


Figura 14: Dispersión entre rendimiento y fósforo.

En la figura 14 se observa la relación entre los rendimientos y los niveles de fósforo que poseen los suelos de finca Melimar. La relación de estos dos factores es poco significativa debido a que intervienen otros factores directamente en el rendimiento, sin embargo los niveles de fósforo de algunas parcelas son bajos para producir *S. officinarum*, por lo que es recomendable las enmiendas de fertilizantes fosforados y la corrección de pH y capacidad de intercambio catiónico ya que la absorción de este macro elemento está ligada a estos dos factores.

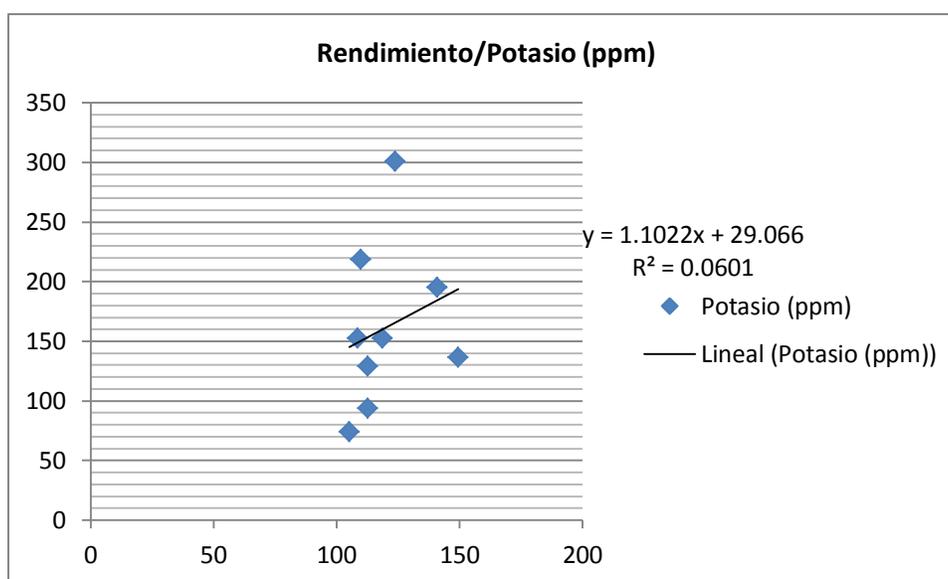


Figura 15: Dispersión entre rendimiento y potasio.

En la figura 15 se observa el valor R^2 de 0.06 lo cual indica una relación poco significativa entre los rendimientos y el nivel de potasio de los suelos, por lo tanto existen otros valores ligados directamente a los rendimientos, sin embargo existen parcelas con deficiencia de este elemento para producir *S. officinarum*, por lo que es recomendable las enmiendas de potasio corrigiendo principalmente el pH y la capacidad de intercambio catiónico ya que la asimilación para la planta de este elemento está ligada a su adecuada disponibilidad.

En los cuadros del 31 al 39 se detallan los rendimientos por parcela y el rendimiento promedio de cada polígono.

8.3. Características químicas y físicas de las calicatas

8.3.1. Polígono uno

Calicata uno

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 303 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguna.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.43 m; suelos color negro parduzco (10YR 3/2) en húmedo; textura franca; estructura grano suelto; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido alto de materia orgánica.
A ₁	0.43-0.60 m; suelos color grisáceo de color amarillo pardo(10 YR 4/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácida; contenido alto de materia orgánica.

Cuadro 20. Características físicas y químicas del suelo. Pedón uno de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte		A _p	A ₁
Profundidad (m)		0 – 0.43	0.43 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	13.73	9.53
	% Limo	41.62	35.32
	% Arena	44.65	55.15
Textura		Franco	Franco arenoso
Estructura		Grano suelto	Masiva
pH		5.0	5.3
Materia orgánica (%)		9.15	9.99
Contenido de fósforo (P) (ppm)		1.07	0.78
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)		0.24	0.43
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)		3.99	5.49
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)		0.49	0.70
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)		0.30	0.33
Contenido de cobre (Cu) (ppm)		0.50	0.50
Contenido de zinc (Zn) (ppm)		1.50	1.00
Contenido de hierro (Fe) (ppm)		6.50	3.00
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)		24.00	5.50
C.I.C.		39.41	41.17
% S.B.		12.75	16.87

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

Calicata dos

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 261 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguno.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.40m; suelos color negro parduzco (10YR 3/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura grano suelto; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; alto contenido de materia orgánica.
A ₁	0.40-0.60 m; suelos grisáceo de color amarillo pardo (10 YR 4/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; alto contenido de materia orgánica.

Cuadro 21. Características físicas y químicas del suelo. Pedón dos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte		A _p	A ₁
Profundidad (m)		0 – 0.40	0.40 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	7.43	7.43
	% Limo	35.32	39.52
	% Arena	57.25	53.05
Textura		Franco arenoso	Franco arenoso
Estructura		Grano suelto	Masiva
pH		5.6	5.3
Materia orgánica (%)		5.77	5.77
Contenido de fósforo (P) (ppm)		0.72	1.67
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)		0.22	0.16
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)		4.74	7.49
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)		0.58	1.32
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)		0.33	0.37
Contenido de cobre (Cu) (ppm)		0.10	0.50
Contenido de zinc (Zn) (ppm)		0.50	0.50
Contenido de hierro (Fe) (ppm)		5.00	4.50
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)		2.50	11.00
C.I.C.		42.35	39.41
% S.B.		13.84	23.68

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

8.3.2. Polígono dos

Calicata uno

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 275 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguno.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.35 m; suelos color negro parduzco (10YR 3/2) en húmedo; textura franca; estructura grano suelto; consistencia suave en seco, friable en húmedo; pH neutro; alto contenido de materia orgánica.
A ₁	0.35-0.60 m; suelos color grisáceo de color amarillo pardo(10 YR 4/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido bajo de materia orgánica.

Cuadro 22. Características físicas y químicas del suelo. Pedón tres de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte	A _p	A ₁
Profundidad (m)	0 – 0.35	0.35 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	7.43
	% Limo	37.42
	% Arena	55.15
Textura	Franco	Franco arenoso
Estructura	Grano suelto	Masiva
pH	5.2	5.7
Materia orgánica (%)	7.16	3.20
Contenido de fósforo (P) (ppm)	1.21	1.02
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)	0.85	0.34
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)	5.99	6.24
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)	1.03	1.15
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)	0.34	0.35
Contenido de cobre (Cu) (ppm)	9.50	0.50
Contenido de zinc (Zn) (ppm)	1.50	1.00
Contenido de hierro (Fe) (ppm)	6.00	3.00
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)	7.50	4.50
C.I.C.	37.06	37.06
% S.B.	22.13	21.79

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

8.3.3. Polígono tres

Calicata uno

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 260 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguno.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.39 m; suelos color negro parduzco (10YR 3/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura grano suelto; consistencia suave en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido alto de materia orgánica.
A ₁	0.39-0.60 m; suelos color grisáceo de color amarillo pardo(10 YR 4/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido medio de materia orgánica.

Cuadro 23. Características físicas y químicas del suelo. Pedón cuatro de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte		A _p	A ₁
Profundidad (m)		0 – 0.39	0.39 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	7.43	9.53
	% Limo	22.72	20.62
	% Arena	69.85	69.85
Textura		Franco arenoso	Franco arenoso
Estructura		Grano suelto	Masiva
pH		5.3	5.7
Materia orgánica (%)		6.52	4.18
Contenido de fósforo (P) (ppm)		3.53	1.24
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)		0.16	0.13
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)		4.49	4.49
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)		0.41	0.37
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)		0.32	0.30
Contenido de cobre (Cu) (ppm)		0.10	0.50
Contenido de zinc (Zn) (ppm)		0.50	0.10
Contenido de hierro (Fe) (ppm)		6.50	2.50
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)		8.00	5.00
C.I.C.		20.00	18.82
% S.B.		26.94	28.11

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

8.3.4. Polígono cuatro

Calicata uno

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 278 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguno.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.39 m; suelos color negro parduzco (5YR 3/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura grano suelto; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido alto de materia orgánica.
A ₁	0.39-0.60 m; suelos café grisáceo (5YR 4/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia muy dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido alto de materia orgánica.

Cuadro 24. Características físicas y químicas del suelo. Pedón cinco de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte	A _p	A ₁
Profundidad (m)	0 – 0.39 café	0.39 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	7.43
	% Limo	35.32
	% Arena	57.25
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso
Estructura	Grano suelto	Masiva
pH	5.2	6.2
Materia orgánica (%)	8.26	5.66
Contenido de fósforo (P) (ppm)	1.52	0.76
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)	0.92	0.29
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)	3.99	6.74
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)	0.90	0.78
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)	0.34	0.33
Contenido de cobre (Cu) (ppm)	5.00	0.10
Contenido de zinc (Zn) (ppm)	1.50	0.50
Contenido de hierro (Fe) (ppm)	6.00	3.50
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)	10.00	4.00
C.I.C.	34.70	36.47
% S.B.	20.62	22.31

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

8.3.5. Polígono cinco

Calicata uno

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 249 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguno.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.30 m; suelos color negro parduzco (7.5YR 3/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura grano suelto; consistencia suave en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; alto contenido de materia orgánica.
A ₁	0.30-0.43m; suelos color café grisáceo (7.5YR 5/2) en húmedo; textura arena franca; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido medio de materia orgánica.
A ₁	0.43-0.60 m; suelos color gris parduzco (7.5YR 4/1) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido alto de materia orgánica.

Cuadro 25. Características físicas y químicas del suelo. Pedón seis de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte		A _p	A ₁	A ₁
Profundidad (m)		0 – 0.30	0.30 – 0.43	0.43 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	9.53	5.33	7.43
	% Limo	26.92	18.52	26.92
	% Arena	63.55	76.15	65.65
Textura		Franco arenoso	Arena franca	Franco arenoso
Estructura		Grano suelto	Masiva	Masiva
pH		4.9	5.5	5.4
Materia orgánica (%)		7.72	4.09	5.46
Contenido de fósforo (P) (ppm)		14.66	2.65	1.25
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)		0.17	0.10	0.17
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)		3.99	3.24	4.49
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)		0.29	0.12	0.16
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)		0.29	0.26	0.39
Contenido de cobre (Cu) (ppm)		1.00	0.50	0.10
Contenido de zinc (Zn) (ppm)		4.00	0.10	0.10
Contenido de hierro (Fe) (ppm)		35.00	10.00	4.50
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)		13.50	11.00	19.50
C.I.C.		23.53	13.53	21.18
% S.B.		20.15	27.57	24.66

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

8.3.6. Polígono seis

Calicata uno

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 234 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguno.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.42 m; suelos color negro parduzco (10YR 3/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura grano suelto; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; alto contenido de materia orgánica.
A ₁	0.42-0.60 m; suelos color grisáceo de color amarillo pardo(10 YR 4/2) en húmedo; textura arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; alto contenido de materia orgánica.

Cuadro 26. Características físicas y químicas del suelo. Pedón siete de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte		A _p	A ₁
Profundidad (m)		0 – 0.42	0.42 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	11.63	7.43
	% Limo	26.92	24.82
	% Arena	61.45	67.75
Textura		Franco arenoso	Franco arenoso
Estructura		Grano suelto	Masiva
pH		5.3	5.8
Materia orgánica (%)		9.05	5.86
Contenido de fósforo (P) (ppm)		1.18	1.14
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)		0.23	0.21
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)		4.24	4.74
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)		0.53	0.29
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)		0.30	0.30
Contenido de cobre (Cu) (ppm)		0.10	0.10
Contenido de zinc (Zn) (ppm)		0.10	0.10
Contenido de hierro (Fe) (ppm)		1.00	2.50
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)		5.50	2.50
C.I.C.		27.65	13.53
% S.B.		19.16	40.87

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

8.3.7. Polígono ocho

Calicata uno

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 181 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguno.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.45 m; suelos color negro parduzco (5YR 3/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura grano suelto; consistencia duro en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; alto contenido de materia orgánica.
A ₁	0.45-0.60 m; suelos color café grisáceo(5 YR 4/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácida; alto contenido de materia orgánica.

Cuadro 27. Características físicas y químicas del suelo. Pedón ocho en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte	A _p	A ₁
Profundidad (m)	0 – 0.45	0.45 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	11.63
	% Limo	31.12
	% Arena	57.25
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso
Estructura	Grano suelto	Masiva
pH	5.2	5.7
Materia orgánica (%)	9.15	5.46
Contenido de fósforo (P) (ppm)	1.11	0.72
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)	0.11	0.10
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)	3.49	3.74
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)	0.29	0.29
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)	0.34	0.31
Contenido de cobre (Cu) (ppm)	0.10	0.10
Contenido de zinc (Zn) (ppm)	0.10	0.10
Contenido de hierro (Fe) (ppm)	1.00	1.00
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)	4.00	2.50
C.I.C.	31.17	25.29
% S.B.	13.56	17.58

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

8.3.8. Polígono nueve

Calicata uno

Reconocedor: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz.

Elevación: 274 msnm.

Profundidad efectiva: profundo.

Limitante a la profundidad: ninguno.

Drenaje externo: regular.

Drenaje interno: bueno.

Grado de erosión: ligera.

Relieve: muy suavemente inclinado.

Pendiente: 2 – 5 por ciento.

Pedregosidad superficial: ligeramente.

Uso actual: establecido con *S. officinarum*.

Nivel freático: profundo.

Área: sur.

	Horizonte	Descripción del perfil
A _p	0-0.24 m;	suelos color negro parduzco (10YR 3/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura grano suelto; consistencia duro en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido medio de materia orgánica.
A ₁	0.24-0.40 m;	suelos grisáceo de color amarillo pardo(10 YR 4/2) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido bajo de materia orgánica.
A ₁	0.40-0.60 m;	suelos color café oscuro(10 YR 3/3) en húmedo; textura franco arenoso; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido medio de materia orgánica.

Cuadro 28. Características físicas y químicas del suelo. Pedón nueve de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Horizonte		A _p	A ₁	A ₁
Profundidad (m)		0 – 0.24	0.24 – 0.40	0.40 – 0.60
Granulometría	% Arcilla	7.43	5.33	9.53
	% Limo	29.02	29.02	26.92
	% Arena	63.55	65.65	63.55
Textura		Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Estructura		Grano suelto	Masiva	Masiva
pH		5.8	5.6	5.2
Materia orgánica (%)		4.13	2.08	3.99
Contenido de fósforo (P) (ppm)		2.41	10.26	10.33
Contenido de potasio (K) (Meq/100 g)		0.15	0.49	0.48
Contenido de calcio (Ca) (Meq/100 g)		4.99	3.99	3.99
Contenido de magnesio (Mg) (Meq/100 g)		0.82	0.70	0.82
Contenido de sodio (Na) (Meq/100 g)		0.33	0.36	0.32
Contenido de cobre (Cu) (ppm)		0.10	1.00	0.50
Contenido de zinc (Zn) (ppm)		0.10	0.10	0.50
Contenido de hierro (Fe) (ppm)		7.50	31.00	23.50
Contenido de manganeso (Mn) (ppm)		1.00	1.00	13.00
C.I.C.		14.71	13.53	17.65
% S.B.		42.79	40.91	31.81

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

En la figura 16 se observa la distribución geográfica de horizontes en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

9. CONCLUSIONES

1. Se acepta la hipótesis alternativa debido a que existen áreas de producción de *S. officinarum* de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez, que poseen niveles nutricionales diferentes.
2. Los suelos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez, contienen niveles altos de materia orgánica entre un rango de 5.99 a 8.88 por ciento, sin embargo las parcelas del polígono ocho se encuentran en un nivel bajo con 3.33 por ciento.
3. Las parcelas de los polígonos uno, dos, cuatro, cinco y ocho, no requieren de aplicaciones de potasio debido a que poseen más de 150 partes por millón, las parcelas de los polígonos tres y siete se encuentran con un nivel medio de potasio, se encuentran en un rango de 100 a 150 partes por millón. Las parcelas de los polígonos seis y nueve están en nivel bajo, poseen menos de 100 partes por millón.
4. Las parcelas del polígono cinco son las únicas que se encuentran en un nivel medio de fósforo, poseen 16.19 partes por millón, son parcelas que se les incorpora cachaza (residuos de caña). Los niveles de fósforo para el resto de las parcelas cultivadas con *S. officinarum* de finca Melimar, contienen niveles bajos de fósforo, se encuentran en un rango 0.78 a 6.16 partes por millón.
5. Los macro nutrientes calcio y magnesio de los suelos de finca Melimar se encuentran en niveles altos; el rango de calcio se encuentra entre 5,245.21 – 12,744.80 kg/ha y la demanda es de 155.84 kg/ha, magnesio entre 710.92 – 10,048.15 kg/ha y la demanda es de 55.20 kg/ha, sin embargo se requiere aportaciones de calcio para reducir la acidez de algunas parcelas.

6. Los niveles de los micronutrientes se encuentran con niveles aceptables para la producción de *S. officinarum*; el nivel de cobre se encuentra en un rango de 1.88 – 14 kg/ha y la demanda es de 0.03 kg/ha, zinc con un rango de 1.88 – 15 kg/ha y la demanda es de 0.10 kg/ha, hierro con un rango de 9.38 – 161.25 kg/ha y la demanda es de 0.26 kg/ha, y manganeso con un rango de 31.50 – 82.50 kg/ha y la demanda es de 0.10 kg/ha.
7. Los niveles de pH de las parcelas de finca Melimar se encuentran en un grado moderadamente ácido teniendo riesgo de toxicidad de aluminio y magnesio, en rangos de pH menores a 5,5. Los macro nutrientes fósforo y potasio se encuentran con problemas de asimilación para la planta, sin embargo las parcelas del polígono cinco se encuentran dentro del rango aceptable para el cultivo de *S. officinarum*.
8. El porcentaje de saturación de bases de los suelos de finca Melimar se encuentran con niveles bajos, en un rango de 19.90 – 43.39 por ciento, dejando indispuestos a los iones positivos no ácidos, sin embargo al momento de mejorar el potencial de hidrógenos se elevaría el porcentaje de saturación de bases.
9. La capacidad de intercambio catiónico que poseen los suelos de finca Melimar, comparado con los niveles aceptables, es adecuado, sin embargo las parcelas del polígono ocho, se encuentran en un rango bajo, por lo que puede afectar en la retención de los nutrientes y vulnerabilidad en el poder amortiguador para los cambios de pH. Podría tener problemas de lixiviación de nutrientes en un momento dado.
10. Los polígonos nueve y cinco, poseen tres horizontes, la profundidad promedio del horizonte superficial es de 0.27 m con clasificación A_p , la profundidad promedio del horizonte medio es de 0.23 m con clasificación A_1 , la profundidad promedio del estrato bajo es de 0.19 m con clasificación

A₁.el resto de la finca poseen dos horizontes, con una profundidad promedio del horizonte superficial de 0.40 m con clasificación A_p, y el horizonte bajo con un profundidad promedio de 0.20 m con clasificación A₁.

- 11.El horizonte superficial que posee la finca es un horizonte que ha sufrido alteraciones debido a las labores de aradura u otro tipo de labor. Los horizontes del subsuelo son de clase A₁ siendo un horizonte formado o formándose en la superficie o en su proximidad, destacándose una acumulación de la materia orgánica humificada íntimamente asociada a la fracción mineral.
- 12.Habría un aumento en los rendimientos al realizar las enmiendas de fósforo, potasio y correcciones de pH, capacidad de intercambio catiónico para una adecuada disponibilidad de nutrientes.

10. RECOMENDACIONES

1. El costo que generaría la reducción de 90.91 kilogramos de nitrato de amonio por hectárea podría utilizarse para las enmiendas y correcciones del suelo, por ser una unidad productiva de *S. officinarum*, debe realizar parcelas de experimentos con enmiendas de los nutrimentos deficientes para analizar los incrementos de sacarosa.
2. Para corregir el pH del suelo es importante realizar parcelas experimentales de distintas composiciones de calcio o poner en disponibilidad el calcio existente en el suelo para reducir la acidez y reducir la dosis de nitrato de amonio para utilizar la materia orgánica del suelo ya que esta tiene tendencia acidificante.
3. Basado en el alto porcentaje de materia orgánica de las parcelas de los polígonos del uno al siete y nueve, demandan la aplicación de 181.82 kg/ha de nitrato de amonio la cual cubre la demanda del cultivo para *S. officinarum* plantía y para *S. officinarum* soca se debe aplicar 242.43 kilogramos (dosis mínima) de nitrato de amonio y dosis máxima 363.64 kg/ha.
4. El polígono ocho posee un porcentaje medio de materia orgánica, Por lo tanto se sugiere aplicar en las parcelas de dicho polígono, 212.12 kg/ha de nitrato de amonio en parcelas con caña plantía, en *S. officinarum* soca (dosis mínima) 272.73 kg/ha y en *S. officinarum* soca (dosis máxima) 393.95 kg/ha de nitrato de amonio.
5. Las parcelas de los polígonos uno, dos, cuatro, cinco y ocho, tienen un nivel alto de potasio, por lo tanto no es conveniente la aplicación de fertilizantes con potasio.

6. Las parcelas del polígono tres y siete se encuentran en un nivel medio de potasio, por lo que es aconsejable la aplicación de 40 kg/ha de potasio, las parcelas de los polígonos seis y nueve se encuentran en un nivel bajo, por lo que es conveniente aplicaciones de 60 kg/ha de potasio.
7. Finca Melimar posee suelos andisoles, por lo tanto, las recomendaciones están basadas en los niveles para suelos andisoles. El polígono cinco es el único que se encuentra en un nivel medio de fósforo, son parcelas que reciben aportaciones de residuos de caña “cachaza”, por lo que es conveniente la aplicación de 60 kg/ha de fósforo en *S. officinarum* plantía, y no es aconsejable la aplicación de fertilizantes de fósforo para *S. officinarum* soca.
8. Los niveles de fósforo para el resto de la parcelas de *S. officinarum* de la finca Melimar, contienen niveles bajos de fósforo, por lo que es conveniente para *S. officinarum* plantía 80 kg/ha y para *S. officinarum* soca 40 kg/ha de fósforo.
9. Es beneficioso adquirir fertilizantes con composición química de nitrógeno, fósforo y potasio o realizar una mezcla física de estos elementos para aplicarlos juntamente, ya que no es favorable aplicarlos por separado por el incremento de los costos y la etapa de crecimiento de *S. officinarum*.
10. Es importante realizar parcelas experimentales para evaluar los cambios de los rendimientos mediante las enmiendas de nutrientes, principalmente el aumento de sacarosa en *S. officinarum*.

11. BIBLIOGRAFÍA

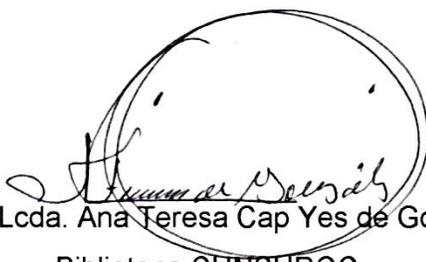
1. Gómez Anzueto, R. D. (1998). Levantamiento detallado de suelos de la Finca Bolivia con fines de planificación de la Ingeniería de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Masagua, Escuintla,GT.: USAC.
2. Gramajo, H. E. (2002). Diagnóstico del estudio de suelos para el sostenimiento del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en finca Rio Lindo, Gomera, Escuintla. (Diagnóstico EPS Agronomía) USAC. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario del Sur-Occidente. Carrera de Agronomía Tropical. Mazatenago Such, GT.:
3. Mérida, E. M. (1982). Estudio agrológico con fines de riego del proyecto Jalpatagua. (Tesis Ing. Agr.) . Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala, GT.:
4. Pérez, O. (2015). El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Guatemala. Guatemala., GT.: Artemis Edinter, S.A.
5. Químicas Stoller. (2000). Requerimientos de varios cultivos en kg/ha. Guatemala, GT.: Centro America S.A.
6. Simmons, Ch. S., Tárano T., J. M.& Pinto Z., J. H. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala. GT.: Trad. Pedro Tirado. Sulsona. Guatemala. Guatemala, GT.: Editorial José de Pineda Ibarra.
7. Tobias, H. (1997). Guía para la descripción de suelos. Guatemala, GT.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía.

8. USDA United State Departament Of Agriculture. (1965). Manual de levantamiento de suelo No. 18. Trad. Juan Castillo. Venezuela:

E-GRAFÍA

1. Cartagena, R. J. (14 de Mayo de 2010). Taxonomía de la caña de azúcar. Recuperado el 04 de Agosto de 2015, de <http://julius-juliusrac.blogspot.com/2010/06/taxonomia.html>
2. FAO. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. (1992). El uso de los fertilizantes. Recuperado el 09 de Agosto de 2015, de <http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>
3. FAO. (02 de Marzo de 2005). Guía para la descripción de perfiles de suelos. Recuperado el 05 de Agosto de 2015, de <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/CAEdProgTeor.html>
4. MAGA. Ministerio de Agricultura, Ganaria y Alimentación. (2000). Primera Aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000. Recuperado el 07 de Abril de 2015, http://web.maga.gob.gt/wpcontent/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_taxonomica_memoria_tecnica_2000.pdf
5. Morales, A. (11 de Mayo de 2015). Mapping GIS. Recuperado el 02 de Septiembre de 2015, de <http://mappinggis.com/2012/04/tutoriales-de-arcgis-10-en-pdf/>
6. Osorio, N. (13 de Agosto de 2015). Muestreo suelos. Recuperado el 04 de Agosto de 2015, de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf>

7. Pedregocidad (s.f.). Recuperado el 09 de Agosto de 2015, de <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Reaccion%20del%20suelo.pdf>
8. Rangel, C.(2004). Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. Recuperado el 04 de octubre de 2015. de:<http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev23%281%29/6.%20Crecimiento%20y%20din%C3%A1mica%20de%20acumulaci%C3%B3n.pdf>
9. Sela, G. (03 de Febrero de 2015). Propiedades Químicas del suelo Recuperado el 06 de Septiembre. de 2015., de <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles>



Vo.Bo. Lcda. Ana Teresa Cap Yes de González

Biblioteca CUNSUROC.



12. ANEXOS

Cuadro 29. Kg/ ha de elementos nutricionales de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Kg/ ha de elementos nutricionales de finca Melimar, Sto. Domingo, Such.									
	Macro primarios		Macro secundarios		Micro elementos				
Parcela	potasio K	fósforo P	calcio Ca	magnesio Mg	sodio Na	cobre Cu	zinc Zn	hierro Fe	manganeso Mn
1	571,81	3,08	9002,52	1011,70	267,26	3,75	5,63	11,25	50,63
2	766,33	2,73	9103,72	808,14	233,35	14,00	3,50	19,25	31,50
3	513,17	15,11	5245,21	483,06	241,39	3,75	1,88	33,75	41,25
4	1128,96	5,18	10129,71	820,29	250,01	9,38	3,75	9,38	37,50
5	571,81	60,71	12744,80	1048,15	275,88	1,88	15,00	33,75	80,63
6	278,58	6,26	7123,86	565,09	258,63	1,88	1,88	22,50	39,38
7	483,84	5,10	8251,06	820,29	275,88	1,88	3,75	22,50	45,00
8	733,09	11,70	7499,60	1048,15	267,26	7,50	7,50	161,25	82,50
9	351,88	23,10	6372,40	710,92	258,63	1,88	3,75	61,88	54,38

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

Cuadro 30. ppm de elementos de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

ppm de elementos de finca Melimar, Sto. Domingo, Such.									
	Macro primarios		Macro secundarios		Micro elementos				
Parcela	potasio K	fósforo P	calcio Ca	magnesio Mg	sodio Na	cobre Cu	zinc Zn	hierro Fe	manganeso Mn
1	152,48	0,82	2400,67	269,79	71,27	1	1,5	3	13,5
2	218,95	0,78	2601,06	230,90	66,67	4	1	5,5	9
3	136,84	4,03	1398,72	128,82	64,37	1	0,5	9	11
4	301,06	1,38	2701,26	218,75	66,67	2,5	1	2,5	10
5	152,48	16,19	3398,61	279,51	73,57	0,5	4	9	21,5
6	74,29	1,67	1899,70	150,69	68,97	0,5	0,5	6	10,5
7	129,02	1,36	2200,28	218,75	73,57	0,5	1	6	12
8	195,49	3,12	1999,89	279,51	71,27	2	2	43	22
9	93,84	6,16	1699,31	189,58	68,97	0,5	1	16,5	14,5

Fuente: Laboratorio suelos, FAUSAC, (2015).

Cuadro 31. Información general del polígono uno, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 1			
Lote	Área (ha)	Variedad	Rendimiento (Tn/ha)
103	17,01	CP73-1547	103,32
104	21,53	CP73-1547	114,7
105	11,3	CP73-1547	101,94
401	27,35	CP73-1547	110,26
402	16,29	CP73-1547	106,41
403	6,58	CP73-1547	92,27
404	8,36	CP73-1547	98,38
406	11,97	CP73-1547	115,13
407	12,73	CP73-1547	117,76
409	12,25	CP73-1547	131,74
<410	13,67	CP73-1547	136,66
412	10,74	CP73-1547	167,01
413	17,55	CP73-1547	149,24
414	10,54	CP73-1547	118,09
Área total 197,87 ha.		Rendimiento promedio 118,78 Tn/ha	

En el cuadro anterior se detallan los datos generales del polígono 1, el área total del polígono es de 197.87 hectáreas con un rendimiento promedio de 118.78 toneladas por hectárea.

Cuadro 32. Información general del polígono dos, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 2			
Lote	Área (ha)	Variedad	Rendimiento (Tn/ha)
101	4,94	CP73-1547	111,20
102	4,27	CP73-1547	116,45
301	5,74	CP73-1547	106,06
302	7,03	CP73-1547	110,50
303	8,41	CP73-1547	121,86
304	7,71	CP73-1547	100,88
305	8,52	CP73-1547	101,41
306	8,63	CP73-1547	110,59
307	9,14	CP73-1547	107,66
308	10,8	CP73-1547	111,27
Área total : 75,19 ha		Rendimiento promedio: 109,78 Tn/ha	

En el cuadro anterior se detalla los datos del polígono dos, con un rendimiento promedio de 109.78 toneladas por hectárea y un área total del polígono de 75.19 hectáreas.

Cuadro 33. Información general del polígono tres, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 3			
Lote	Área	Variedad	Rendimiento
501	1.2 ha.	CP73-1547	149,4 Tn/ha.

Cuadro 34. Información general del polígono cuatro, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 4			
Lote	Área (ha.)	Variedad	Rendimiento (Tn/ha.)
201	7,89	CP73-1547	125,46
202	21,59	CP73-1547	132,07
203	7,19	CP73-1547	116,31
204	9,88	CP88-1165	124,75
205	11,37	CP88-1165	120,93
Área total: 57,92 ha.		Rendimiento promedio: 123,90 Tn/ha.	

Cuadro 35. Información general del polígono cinco, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 5			
Lote	Área (ha.)	Variedad	Rendimiento (Tn/ha.)
501	3,42	CP73-1547	149,40
707	1,71	CP73-1547	
502	6,18	CP73-1547	83,13
503	7,12	CP73-1547	93,31
Área total: 18,43 ha.		Rendimiento promedio 108,61 Tn/ha.	

Cuadro 36. Información general del polígono seis, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 6			
Lote	Área (ha.)	Variedad	Rendimiento (Tn/ha.)
504	10,58	CP73-1547	107,66
505	5,12	CP73-1547	104,28
506	6,07	CP73-1547	109,20
507	7,45	CP73-1547	94,43
508	7,88	CP73-1547	99,23
509	11,31	CP73-1547	117,14
Área total: 48,41 ha.		Rendimiento promedio: 105,32 Tn/ha	

Cuadro 37. Información general del polígono siete, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 7			
Lote	Área (ha.)	Variedad	Rendimiento (Tn/ha.)
601	12,37	CP88-1165	119,40
602	8,58	CP73-1547	126,59
603	9,5	CP88-1165	120,83
604	5,98	CP88-1165	103,96
605	5,34	CP88-1165	98,97
606	7,13	CP88-1165	106,85
Área total: 48,90 ha.		Rendimiento promedio: 112,77 Tn/ha.	

Cuadro 38. Información general del polígono ocho, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 8			
Lote	Área (ha.)	Variedad	Rendimiento (Tn/ha.)
607	7,34	CP72-2086	103,28
608	8,01	CP72-2086	75,22
609	11,49	CP72-2086	152,21
610	5,26	CP72-2086	267,27
611	6,29	CP88-1165	126,60
612	6,79	CP88-1165	139,07
613	7,12	CP88-1165	123,25
Área total: 52,3 ha.		Rendimiento promedio: 140,99 Tn/ha.	

Cuadro 39. Información general del polígono nueve, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.

POLIGONO 9			
Lote	Área (ha)	Variedad	Rendimiento (Tn/ha.)
701	8,39	CP73-1547	103,16
702	2,8	CP73-1547	104,09
703	4,69	CP73-1547	130,86
704	4,08		
705	2,8		
706	6,56		
707	5,89		
Área Total: 35,21 ha.		Rendimiento promedio: 112,70 Tn/ha	

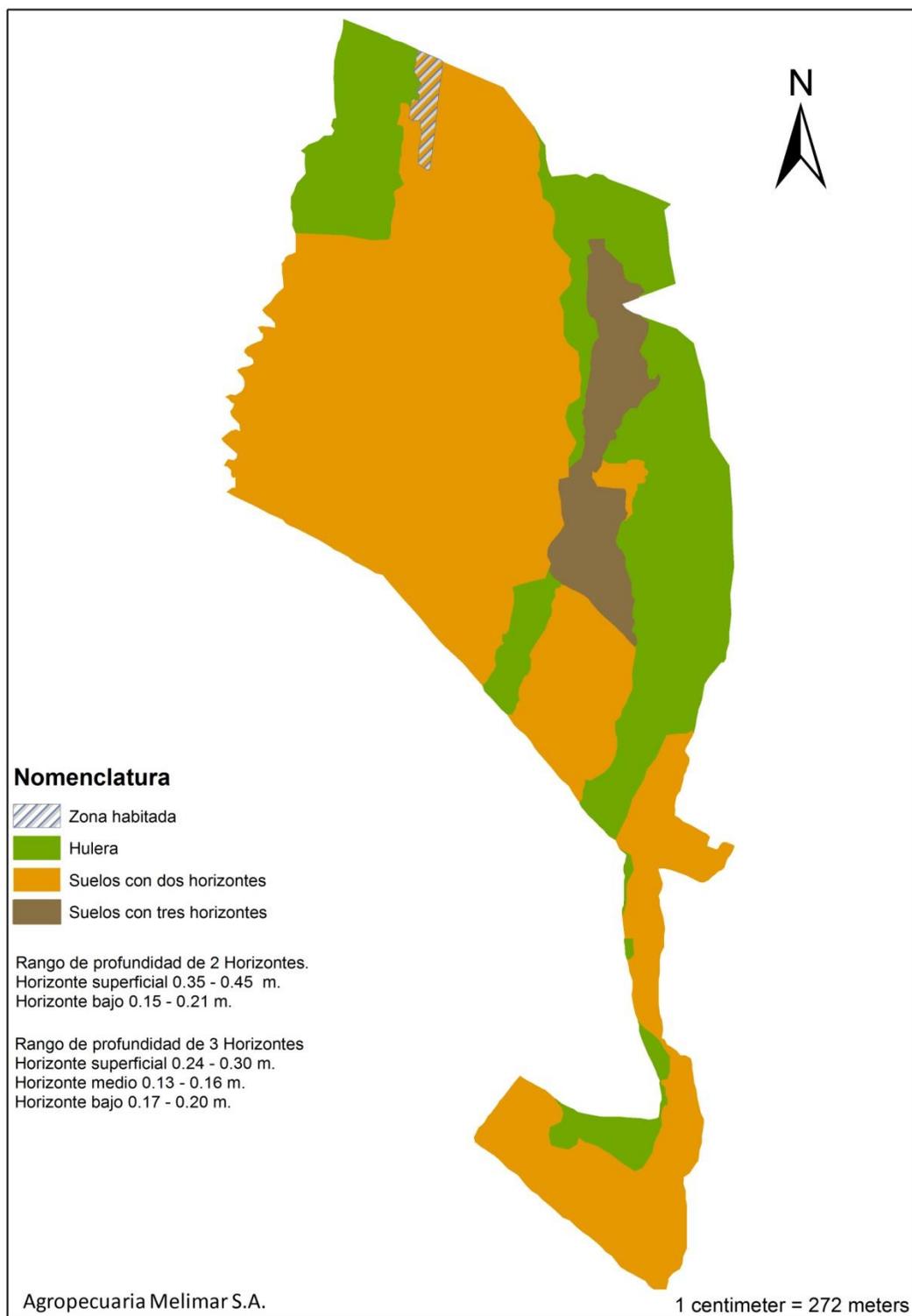


Figura 16: Distribución geográfica de horizontes en el área de estudio en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.



Figura 17: Excavación de calicata, en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



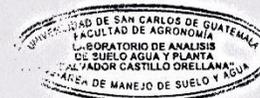
INTERESADO: ESDRAS ELISEO ESQUIPULAS
PROCEDENCIA: COMUNIDAD AGRARIA MELIMAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPEQUEZ
FECHA DE INGRESO: 8/1/2016

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	pH	ppm						Meq/100 gr					%	
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.	
RANGO MEDIO	6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	---	0.27-0.38	75-90	4-5	
M-1 PARCELA 01	5.3	0.82	1.00	1.50	3.00	13.50	35.29	5.99	1.11	0.31	0.39	22.12	8.88	
M-2 PARCELA 02	5.1	0.78	4.00	1.00	5.50	9.00	38.23	6.49	0.95	0.29	0.56	21.67	8.26	
M-3 PARCELA 03	5.0	4.03	1.00	0.50	9.00	11.00	20.00	3.49	0.53	0.28	0.35	23.27	6.26	
M-4 PARCELA 04	5.2	1.38	2.50	1.00	2.50	10.00	37.64	6.74	0.90	0.29	0.77	23.10	7.99	
M-5 PARCELA 05	5.5	16.19	0.50	4.00	9.00	21.50	23.53	8.48	1.15	0.32	0.39	43.99	7.06	
M-6 PARCELA 06	5.3	1.67	0.50	0.50	6.00	10.50	29.41	4.74	0.62	0.30	0.19	19.90	7.59	

ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS

IDENTIFICACION		%			CLASE TEXTURAL
		Arcilla	Limo	Arena	
M-1 PARCELA 01		11.63	37.42	50.95	FRANCO ARENOSO
M-2 PARCELA 02		15.83	39.52	44.65	FRANCO
M-3 PARCELA 03		7.43	29.02	63.55	FRANCO ARENOSO
M-4 PARCELA 04		11.63	37.42	50.95	FRANCO ARENOSO
M-5 PARCELA 05		9.53	24.82	65.65	FRANCO ARENOSO
M-6 PARCELA 06		9.53	33.22	57.25	FRANCO ARENOSO



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189308, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 18: Resultados de análisis físico – químico hoja uno, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez. Fuente: Laboratorio suelos FAUSAC, (2015).



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



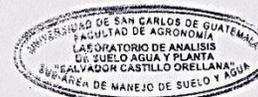
INTERESADO: ESDRAS ELISEO ESQUIPULAS
PROCEDENCIA: COMUNIDAD AGRARIA MELIMAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPEQUEZ
FECHA DE INGRESO: 8/1/2016

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	pH	ppm						Meq/100 gr					%	
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.	
RANGO MEDIO	6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	---	0.27-0.38	75-90	4-5	
M-7 PARCELA 07	5.1	1.36	0.50	1.00	6.00	12.00	27.65	5.49	0.90	0.32	0.33	25.50	7.59	
M-8 PARCELA 08	5.2	3.12	2.00	2.00	43.00	22.00	17.65	4.99	1.15	0.31	0.50	39.40	3.33	
M-9 PARCELA 09	4.9	6.16	0.50	1.00	16.50	14.50	27.06	4.24	0.78	0.30	0.24	20.53	5.99	
M-10 PARCELA 101	4.9	14.66	1.00	4.00	35.00	13.50	23.53	3.99	0.29	0.29	0.17	20.15	7.72	
M-11 PARCELA 102	5.5	2.65	0.50	0.10	10.00	11.00	13.53	3.24	0.12	0.26	0.10	27.57	4.09	
M-12 PARCELA 103	5.4	1.25	0.10	0.10	4.50	19.50	21.18	4.49	0.16	0.39	0.17	24.66	5.46	

ANALISIS FISICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	%	%			CLASE TEXTURAL
		Arcilla	Limo	Arena	
M-7 PARCELA 07	11.63	35.32	53.05	FRANCO ARENOSO	
M-8 PARCELA 08	17.93	26.92	55.15	FRANCO ARENOSO	
M-9 PARCELA 09	11.63	26.92	61.45	FRANCO ARENOSO	
M-10 PARCELA 101	9.53	26.92	63.55	FRANCO ARENOSO	
M-11 PARCELA 102	5.33	18.52	76.15	ARENA FRANCA	
M-12 PARCELA 103	7.43	26.92	65.65	FRANCO ARENOSO	



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189308, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 19: Resultados de análisis físico – químico hoja dos, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez. Fuente: Laboratorio suelos FAUSAC, (2015)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



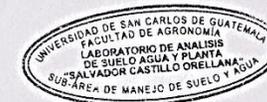
INTERESADO: ESDRAS ELISEO ESQUIPULAS
PROCEDENCIA: COMUNIDAD AGRARIA MELIMAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPEQUEZ
FECHA DE INGRESO: 8/1/2016

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	pH	ppm					Meq/100 gr					%	
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.
RANGO MEDIO	6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	---	0.27-0.38	75-90	4-5
M-13 PARCELA 111	5.3	3.53	0.10	0.50	6.50	8.00	20.00	4.49	0.41	0.32	0.16	26.94	6.52
M-14 PARCELA 112	5.7	1.24	0.50	0.10	2.50	5.00	18.82	4.49	0.37	0.30	0.13	28.11	4.18
M-15 PARCELA 121	5.3	1.18	0.10	0.10	1.00	5.50	27.65	4.24	0.53	0.30	0.23	19.16	9.05
M-16 PARCELA 122	5.8	1.14	0.10	0.10	2.50	2.50	13.53	4.74	0.29	0.30	0.21	40.87	5.86
M-17 PARCELA 131	5.8	2.41	0.10	0.10	7.50	1.00	14.71	4.99	0.82	0.33	0.15	42.79	4.13
M-18 PARCELA 132	5.6	10.26	1.00	0.10	31.00	1.00	13.53	3.99	0.70	0.36	0.49	40.91	2.08

ANALISIS FISICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	%			CLASE TEXTURAL
	Arcilla	Limo	Arena	
M-13 PARCELA 111	7.43	22.72	69.85	FRANCO ARENOSO
M-14 PARCELA 112	9.53	20.62	69.85	FRANCO ARENOSO
M-15 PARCELA 121	11.63	26.92	61.45	FRANCO ARENOSO
M-16 PARCELA 122	7.43	24.82	67.75	FRANCO ARENOSO
M-17 PARCELA 131	7.43	29.02	63.55	FRANCO ARENOSO
M-18 PARCELA 132	5.33	29.02	65.65	FRANCO ARENOSO



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189308, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 20: Resultados de análisis físico – químico hoja tres, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez. Fuente: Laboratorio suelos FAUSAC, (2015).



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: ESDRAS ELISEO ESQUIPULAS
PROCEDENCIA: COMUNIDAD AGRARIA MELIMAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPEQUEZ
FECHA DE INGRESO: 8/1/2016

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	pH	ppm						Meq/100 gr					%	
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.	
RANGO MEDIO	6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	---	0.27-0.38	75-90	4-5	
M-19 PARCELA 133	5.2	10.33	0.50	0.50	23.50	13.00	17.65	3.99	0.82	0.32	0.48	31.81	3.99	
M-20 PARCELA 141	5.2	1.11	0.10	0.10	1.00	4.00	31.17	3.49	0.29	0.34	0.11	13.56	9.15	
M-21 PARCELA 142	5.7	0.72	0.10	0.10	1.00	2.50	25.29	3.74	0.29	0.31	0.10	17.58	5.46	
M-22 PARCELA 151	5.2	1.52	5.00	1.50	6.00	10.00	34.70	4.99	0.90	0.34	0.92	20.62	8.26	
M-23 PARCELA 152	6.2	0.76	0.10	0.50	3.50	4.00	36.47	6.74	0.78	0.33	0.29	22.31	5.66	
M-24 PARCELA 161	5.0	1.07	0.50	1.50	6.50	24.00	39.41	3.99	0.49	0.30	0.24	12.75	9.15	

ANALISIS FISICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	%			CLASE TEXTURAL
	Arcilla	Limo	Arena	
M-19 PARCELA 133	9.53	26.92	63.55	FRANCO ARENOSO
M-20 PARCELA 141	11.63	31.12	57.25	FRANCO ARENOSO
M-21 PARCELA 142	11.63	29.02	59.35	FRANCO ARENOSO
M-22 PARCELA 151	7.43	35.32	57.25	FRANCO ARENOSO
M-23 PARCELA 152	7.43	39.52	53.05	FRANCO ARENOSO
M-24 PARCELA 161	13.73	41.62	44.65	FRANCO



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189308, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 21: Resultados de análisis físico – químico hoja cuatro, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez. Fuente: Laboratorio suelos FAUSAC, (2015).



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



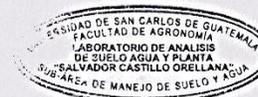
INTERESADO: ESDRAS ELISEO ESQUIPULAS
PROCEDENCIA: COMUNIDAD AGRARIA MELIMAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPEQUEZ
FECHA DE INGRESO: 8/1/2016

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	pH	ppm						Meq/100 gr					%	
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.	
RANGO MEDIO	6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	---	0.27-0.38	75-90	4-5	
M-25 PARCELA 162	5.3	0.78	0.50	1.00	3.00	5.50	41.17	5.49	0.70	0.33	0.43	16.87	9.99	
M-26 PARCELA 171	5.6	0.72	0.10	0.50	5.00	2.50	42.35	4.74	0.58	0.33	0.22	13.84	5.77	
M-27 PARCELA 172	5.3	1.67	0.50	0.50	4.50	11.00	39.41	7.49	1.32	0.37	0.16	23.68	5.77	
M-28 PARCELA 181	5.2	1.21	9.50	1.50	6.00	7.50	37.06	5.99	1.03	0.34	0.85	22.13	7.16	
M-29 PARCELA 182	5.7	1.02	0.50	1.00	3.00	4.50	37.06	6.24	1.15	0.35	0.34	21.79	3.20	

ANALISIS FISICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	%			CLASE TEXTURAL
	Arcilla	Limo	Arena	
M-25 PARCELA 162	9.53	35.32	55.15	FRANCO ARENOSO
M-26 PARCELA 171	7.43	35.32	57.25	FRANCO ARENOSO
M-27 PARCELA 172	7.43	39.52	53.05	FRANCO ARENOSO
M-28 PARCELA 181	11.63	39.52	48.85	FRANCO
M-29 PARCELA 182	7.43	37.42	55.15	FRANCO ARENOSO



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189308, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 22: Resultados de análisis físico – químico hoja cinco, de finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez. Fuente: Laboratorio suelos FAUSAC, (2015).



Centro Universitario de Sur Occidente
CUNSUROC
Apartado Postal: 606
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango, Suchitepéquez, 22, de septiembre, de 2017.

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ing. Ruiz:

Por medio de la presente hago de su conocimiento que cumpliendo con el nombramiento que me fuera asignado, he procedido a supervisar y asesorar el trabajo de graduación del estudiante: **Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz**; carné universitario: **201041126**, el cual lleva por título: **“Clasificación y mapeo de suelos con fines de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez”**.

Luego del asesoramiento, supervisión y revisión del informe escrito, considero que llena los requisitos para continuar con los trámites correspondientes al debido proceso académico. Firmó la presente, dando fe de lo antes mencionado.

Sin otro particular.

Atentamente;

Ing. Agr. M. Sc. Carlos Arturo Esteban García
Supervisor, revisor

Carrera de Agronomía Tropical
CUNSUROC, USAC

INGENIERO AGRÓNOMO
Carlos Arturo Esteban García
Colegado Activo 2,387
USAC

Mazatenango, 27 de septiembre de 2017.

Doctor
Guillermo Vinicio Tello Cano
Director Centro Universitario de Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Dr. Guillermo Tello:

Por medio de la presente me permito informar que el estudiante **Esdras Eliseo Esquipulas Ortiz**, quien se identifica con carne 201041126 de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: "**Clasificación y mapeo de suelos con fines de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en finca Melimar, Santo Domingo, Suchitepéquez**". el cual fue supervisado y revisado por el profesional: M.Sc. Carlos Arturo Esteban, de la carrera de Agronomía Tropical.

Como Coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Esdras Eliseo Esquipulas Ortiz, ha cumplido con el normativo de trabajo de graduación, razón por la que somete a consideración el documento, para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular me suscribo de usted

Atentamente, //

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical
CUNSUROC

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente

AGRONOMÍA





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-08-2017

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, dos de noviembre de dos mil diecisiete.-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: “CLASIFICACIÓN Y MAPEO DE SUELOS CON FINES DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN FINCA MELIMAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ”, del estudiante: Esdras Eliseo Esquipulas Ortíz, carné 201041126 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in blue ink, enclosed in an oval shape.

Dr. Guillermo Vinicio Tello Canales
Director



/gris