

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE
AGRONOMÍA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACIÓN



ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE NUTRICION Y RIEGO EN LOS CULTIVOS CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) Y HULE (*Hevea brasiliensis*) EN FINCA EL ROSARIO, CUYOTENANGO, SUCHITEPEQUEZ.

T.P.A. Bruno Rodrigo González Robles

Carné: 201041870

Asesor: Ing. Agr. Héctor Rubén Posadas Ruiz

Julio de 2016.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE**

AUTORIDADES

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

CONSEJO DIRECTIVO DEL CUNSUROC

MSc. Mirna Nineth Hernández	Directora Interina
-----------------------------	--------------------

REPRESENTANTE DE DOCENTES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario Interino
-------------------------------------	---------------------

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

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

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

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

AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Nery Edgar Saquimux Canastuj

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Marco Antonio del Cid Flores

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

MSc. Jorge Rubén Sosof Vásquez

Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

Licda. Tania María Cabrera Ovalle

Coordinador Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Celso González Morales

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC

Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

Licda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinadora Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

MSc. Paola Marisol Rabanales

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



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

Mazatenango, mayo de 2016.

**Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Distinguidos integrantes del Consejo Directivo:

De conformidad a las normas establecidas del Centro Universitario de Sur Occidente y de la carrera de Agronomía Tropical, someto a su consideración el presente trabajo de graduación titulado: **Estudio de suelos con fines de nutrición y riego en los cultivos caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*), en finca El Rosario, Cuyotenango, Suchitepéquez.**

Requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de licenciado.

Sin nada más que agregar, me suscribo de ustedes.

Atentamente,

Bruno Rodrigo González Robles
Carné: 201041870

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por guiarme y bendecirme siempre.

MIS PADRES: Ing. Perfecto Apolonio González y María Leonor Robles de González gracias por contar en todos los momentos de mi vida con su apoyo incondicional.

MIS ABUELITOS: Rodrigo Manuel Robles de León, Consuelo Melgar de Robles gracias por tus cuidados abuelita “abuel”. Bonifacio González y Rosario de González ángeles que me bendicen desde el cielo.

MIS HERMANAS: Connie del Rosario y Zulmy Leonor González Robles por su cariño y afecto.

MI FAMILIA EN GENERAL: En especial a mi tío Rodrigo Adolfo Robles Melgar y a mi tía Zonia Figueroa Robles (+).

DOCENTES: Por sus sabias enseñanzas durante todo el proceso de mi formación profesional.

COMPAÑEROS: Por su amistad.

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, fuente de amor y sabiduría.

Mi familia, por su apoyo en todos los momentos de mi vida.

Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía y Centro Universitario del Sur Occidente (CUNSUROC).

Ing. Agr. Héctor Rubén Posadas Ruiz e Ing. Agr. Francisco Espinoza por sus valiosos aportes en todo el proceso del E.P.S. y orientación.

Docentes de la carrera de Agronomía del CUNSUROC por impartir sus enseñanzas y consejos oportunos durante toda mi formación académica.

Don Carlos Palala y personal de la finca El Rosario por darme la oportunidad y el espacio para realizar el EPS.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO.....	2
1 MARCO CONCEPTUAL.....	2
1.1. Suelo	2
1.2 Características físicas de suelos.....	2
1.2.1 Textura del suelo	2
1.2.2 Densidad aparente (Da)	2
1.2.3 Capacidad de Campo (CC)	2
1.2.4 Punto de Marchites Permanente (PMP)	3
1.3 Características químicas de suelos.....	3
1.3.1 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	3
1.3.2 Potencial de hidrógeno (pH)	3
1.3.3 Conductividad Eléctrica (CE).....	4
1.3.4 Porcentaje de saturación de bases (%SB)	4
1.4 Característica biológica del suelo.....	5
1.4.1 Materia orgánica de los suelos de la región cañera de Guatemala	5
1.5 Clasificación de suelos.....	5
1.5.1 Suelos arenosos.....	5
1.5.2 Suelos limosos.....	5
1.5.3 Suelos arcillosos.....	6
1.5.4 Suelos Francos.....	6
1.5.5 Estructura del suelo.....	6
1.5.6 Consistencia del suelo.....	7
1.5.7 Relieve del terreno.....	7
1.5.8 Grado de erosión del suelo.....	7
1.5.9 Clases agrológicas en función a la pendiente	7
1.5.10 Profundidad efectiva del suelo.....	7
1.6 Perfil de suelo	8
1.7 Calicata o pedón	8

1.8	Horizonte.....	8
1.9	Clasificación de suelos para riego.....	10
1.10	Riego.....	11
1.11	Sistema de riego	11
1.12	Riego por aspersión	12
1.13	Diseño agronómico	12
1.14	Suelos con fines nutricionales en el cultivo caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).	12
1.14.1	Nutrientes	12
1.14.2	Fertilizante	13
1.14.3	Fósforo	13
1.14.4	Potasio.....	14
1.14.5	Calcio.....	15
1.14.6	Magnesio	15
1.15	Suelos con fines nutricionales en el cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).	16
1.15.1	Fósforo en el cultivo de hule.....	16
1.15.2	Potasio en el cultivo de hule	16
1.15.3	Calcio en el cultivo de hule	17
1.15.4	Magnesio en el cultivo de hule.....	17
1.15.5	Micronutrientes en el cultivo de hule.....	17
1.16	Inceptisoles	17
1.17	Levantamiento de suelos	18
1.17.1	Tipos de levantamiento de suelos	19
1.17.2	Levantamiento de reconocimiento.....	19
1.17.3	Levantamiento semi-detallado.....	20
1.17.4	Levantamiento detallado.....	20
1.17.5	Sistemas de información geográfica (SIG)	20
1.18	Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	20
1.18.1	Condiciones fenológicas del cultivo de caña de azúcar (<i>S. officinarum</i>) en Guatemala	21
1.19	Taxonomía del cultivo de la caña de azúcar	22
1.19.1	Botánica de la caña de azúcar	22
1.20	Descripción de la variedad caña de azúcar CP 88-1165 a nivel morfológico y agronómico	23

1.20.1	Características agronómicas de la variedad CP88-1165.....	24
1.21	Requerimientos nutricionales del cultivo de la caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) en kg/ha.	25
1.22	Requerimientos hídricos de la caña de azúcar	25
1.23	Taxonomía del cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>)	27
1.24	Descripción botánica del cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	27
1.25	Características del clon de hule PB-255	28
1.25.1	Características morfológicas del clon PB 255	30
1.26	Inicio de la explotación.....	30
1.26.1	El panel de Pica.....	30
1.27	Requerimientos nutricionales del cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>) en kg/ha/año.	31
2.	MARCO REFERENCIAL.....	32
2.1	Lugar de estudio.....	32
2.2	Extensión y ubicación geográfica del área de la finca	33
2.3	Vías de acceso	33
2.4	Descripción climática.....	33
2.5	Descripción Hidrológica	33
2.6	Descripción edáfica	33
2.7	Agroecosistema	34
2.7.1	Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	34
a.	Variedad	34
b.	Fertilización	34
c.	Malezas y su control.....	35
d.	Plagas y enfermedades	37
2.8	Agroecosistema del hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	39
2.8.1.	Clon establecido en finca “El Rosario”	39
2.8.2.	Deshijes.....	40
2.8.3.	Podas	40
2.8.4.	Malezas y su control.....	41
2.8.5.	Fertilización	41
2.8.6.	Enfermedades	41
2.8.7.	Riego.....	42

III. OBJETIVOS.....	43
IV. HIPOTESIS.....	44
V. MATERIALES Y METODOS.....	45
5.1 Materiales.....	45
5.2 Humanos.....	45
5.3 Metodología	46
5.4 Definición de los límites a nivel semidetalle de unidades de suelos que presenten características físicas uniformes.	46
5.4.1 Fase de gabinete preliminar	46
5.4.2 Fotointerpretación.....	46
5.4.3 Fase de gabinete para definir unidades de muestreo	47
5.5 Determinación de las características físicas y químicas de los suelos a nivel semidetallado, con fines de fertilidad y manejo del agua de riego, para el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) y hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	47
5.5.1 Fase de campo	47
5.5.2 Delimitación de clases de suelo con fines nutricionales y riego	47
5.5.3 Extracción de muestras en las unidades de muestreo	48
5.6 Fase de laboratorio	49
5.6.1 Análisis de suelos	49
5.7 Distribución de la información de campo y laboratorio para generar los mapas de publicación basado en las características fisicoquímicas de suelos y riego en las áreas de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) y hule (<i>Hevea brasiliensis</i>) de la finca El Rosario.....	50
5.7.1 Fase de gabinete final	50
5.7.2 Descripción de perfiles: normas de la FAO	50
5.8 Cálculos previos al diseño del sistema de riego.....	51
5.8.1 Lámina de Humedad Aprovechable (LHA)	51
5.8.2 Lámina de Humedad Rápidamente Aprovechable (LHRA)	51
5.8.3 Lámina Bruta (Lb)	51
5.8.4 Intervalo de riego de diseño (Ird)	51
5.8.5 Evapotranspiración del cultivo (Etc).....	52
5.8.6 Coeficiente del cultivo	52
5.8.7 Elaboración de mapas temáticos de suelos	53

5.9	Clasificación de las áreas potenciales de riego con base a lo indicado por la United States Bureau of Reclamation (U.S.B.R).....	53
5.10	Efectuar un plan de fertilidad y riego para los cultivos caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) y hule (<i>Hevea brasiliensis</i>) en la finca El Rosario.	54
VI.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
6.1	Fertilidad del suelo	56
6.2	Descripción de perfiles y análisis físico-químico	57
6.2.1	Calicata 1.....	57
6.2.2	Calicata 2.....	59
6.2.3	Calicata 3.....	61
6.2.4	Calicata 4.....	67
6.2.5	Distribución de fosforo “P” (ppm) en finca El Rosario.	71
6.2.6	Distribución de “K” (ppm) en finca El Rosario.....	72
6.2.7	Producción (ton/ha) caña de azúcar en finca El Rosario.....	74
6.3	CLASES DE TIERRA DE USO ACTUAL Y POTENCIAL CON FINES RIEGO	76
6.3.1	CLASE II.....	76
6.4	Plan de Fertilidad para el cultivo de hule y caña de azúcar	78
6.4.1	Dosis.....	78
6.4.2	Momento de aplicación.....	80
6.4.3	Forma de aplicación	82
6.4.4	Costos de fertilización para el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).....	83
6.4.5	Relación Beneficio/Costo.....	83
6.5	CÁLCULOS PREVIOS AL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.....	82
6.5.1	Velocidad de infiltración básica.....	84
6.5.2	Lámina de Humedad Aprovechable (LHA) en caña de azúcar.....	84
6.5.3	Lámina de Humedad Rápidamente Aprovechable (LHRA) en caña de azúcar	85
6.5.4	Lámina bruta (Lb) en caña de azúcar	85
6.5.5	Evapotranspiración potencial.....	85
6.5.6	Intervalo de riego en caña de azúcar.....	85
6.5.7	Diseño Agronómico en el cultivo de caña de azúcar	86
VII.	CONCLUSIONES	90

VIII.RECOMENDACIONES.....	93
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	94
X. ANEXOS.....	98

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Contenido	Pág.
1.	Valores de pH en el suelo.....	4
2.	Recomendaciones de fósforo (kg de P ₂ O ₅ /ha) según P del suelo, ciclo de cultivo y tipo de suelo.....	13
3.	Recomendaciones de dosis de potasio (K) en la zona cañera de Guatemala ..	14
4.	Etapas fenológicas para el cultivo de caña de azúcar.....	21
5.	Resultados de rendimiento en la zona media y zona baja de la variedad de caña CP88-1165.....	24
6.	Requerimientos nutricionales del cultivo de la caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.).	25
7.	Valores del coeficiente de transpiración del cultivo (Kc) según etapa fenologica y tipo de suelo, de toda la zona cañera de la costa sur de Guatemala.....	27
8.	Requerimientos nutricionales del cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>) en función de la edad.	31
9.	Tipo y dosis de fertilización en el cultivo caña de azúcar, finca “El Rosario” ..	35
10.	Principales malezas de la caña de azúcar en la finca “El Rosario”	35
11.	Mezcla de herbicidas en caña de azúcar	36
12.	Mezcla de herbicidas en caña de azúcar	36
13.	Etiqueta de identificación de muestras de suelo que fueron enviados al laboratorio.....	49
14.	Valores de evapotranspiración potencial (ETo) promedio (mm) según etapas fenológicas, estratos altitudinales y tercios de zafra para las condiciones de la zona cañera guatemalteca.....	52
15.	Niveles críticos y rangos para interpretación de análisis químico de suelo para caña de azúcar.	55
16.	Características químicas de cada unidad de manejo para interpretar la fertilidad del suelo	56
17.	Recomendaciones de fertilización para el hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	56
18.	Características físicas y químicas del suelo. Pedón 1	58
19.	Características físicas y químicas del suelo. Pedón 2.....	60
20.	Características físicas y químicas del suelo. Pedón 3.....	62
21.	Características físicas y químicas del suelo. Pedón 4.....	68

22. Requerimiento de fertilizante fosfatado necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área Noroeste de la finca El Rosario .. 78
23. Requerimiento de fertilizante fosfatado necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área sur de la finca El Rosario..... 78
24. Requerimiento de fertilizante fosfatado necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área Noreste de la finca El Rosario 78
25. Requerimiento de fertilizante fosfatado necesario para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en el área central de la finca El Rosario 79
26. Requerimiento de fertilizante potásico necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área Noroeste de la finca El Rosario .. 79
27. Requerimiento de fertilizante potásico necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área Noreste de la finca El Rosario 79
28. Requerimiento de fertilizante potásico necesario para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en el área central de la finca El Rosario..... 80
29. Distribución de de los fertilizantes fosfatos y potásicos para el cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la finca El Rosario 81
30. Distribución del fertilizante fosfato para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en la finca El Rosario 82
31. Costos de aplicación de fertilizantes para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) 83
32. Costos de aplicación de fertilizantes para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) 84
33. Diseño agronómico en caña de azúcar de la finca El Rosario 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Número.	Contenido	Pág.
1.	Características morfológicas de una planta de caña de azúcar de la variedad CP88-1165.....	24
2.	Producción promedio en látex del clon PB 255 en Guatemala, rendimiento en kg/ha al año.	29
3.	Mapa de la finca “El Rosario”	32
4.	Montículo y muerte de tallos de la caña de azúcar	38
5.	Presencia del mal rosado (<i>Corticium salmonicolor</i>).	42
6.	Distribución gráfica de los transectos para barrenamientos dentro de las unidades de manejo de la finca El Rosario	47
7.	Distribución de fósforo “P” (ppm) en la finca.	71
8.	Niveles de potasio “K” (ppm) en caña de azúcar y hule en fca. El Rosario	73
9.	Tonelada por hectárea de caña de azúcar en finca El Rosario	75
10.	Acumulación de fosforo (P) en tallos y hojas de caña de azúcar (kg/ha)	80
11.	Acumulación de potasio (K) en tallos y hojas de caña de azúcar (kg/ha)	81
12.	Densidad aparente en finca El Rosario	88
13A.	Muestra de suelo etiquetada para enviar al laboratorio.	99
14A.	Calicata 1, área Noroeste en el cultivo caña de azúcar	99
15A.	Calicata 2, área Sur en el cultivo caña de azúcar	100
16A.	Calicata 3, área Noreste en el cultivo de caña de azúcar	100
17A.	Calicata en el cultivo de hule	101
18A.	Prueba de infiltración básica	101
19A.	Puntos de muestreo de suelos.....	102
20A.	Distribución de materia orgánica en finca El Rosario.....	103

Resumen

El presente estudio se realizó en finca El Rosario, ubicada en el municipio de Cuyotenango, del departamento de Suchitepéquez

El trabajo de investigación surgió de la inquietud de la administración de la finca El Rosario debido a que los últimos resultados de los rendimientos en el cultivo de caña de azúcar fueron bajos, las mejores producciones se encuentran en 90 ton/Ha y los menores rendimientos en 70 ton/Ha, considerándose como bajo un rendimiento 100t/ha, (CENGICAÑA), mientras que en el cultivo de hule no se presentan diámetros de tallos uniformes (11 a 17 cm), además de otros criterios tomados a partir del diagnóstico realizado durante la práctica de Ejercicio Profesional Supervisado. Se consideró realizar un estudio de suelo, pues permite conocer su potencial y así obtener los resultados deseados de una forma eficiente y oportuna. Proporcionándola asesoría técnica que ha estado ausente del lugar.

Al no contarse en la finca con un estudio semi-detallado de suelos, no podía tomarse en cuenta las características físicas y químicas de los mismos. Por lo tanto, esta información no existía para un diseño de riego y manejo nutricional de los cultivos de hule (*Hevea brasiliensis*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Por las razones antes mencionadas, se realizó una clasificación de suelos a nivel de semidetalle (1:20,000), generando al final, mapas de publicación a una escala (1:10,000), presentando características físicas, químicas, niveles de fertilidad del suelo y la clasificación para riego.

Para llevar a cabo la investigación, inicialmente se digitalizó el área de estudio, se realizó un estudio físico del suelo, determinando parámetros de fácil identificación en el campo, como la textura, la estructura, el color, la profundidad efectiva, pedregosidad, entre otros, lo cual fue indispensable para clasificar los suelos con características uniformes y marcar los puntos de

muestreo y con ayuda de un sistema de posicionamiento global (G.P.S.) para ubicar el lugar correcto, de donde se extrajeron las muestras de suelos y enviadas al laboratorio “Ing. Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Se obtuvieron resultados que evidencian que los horizontes superficiales poseen una estructura de grano suelto, una coloración negro, para el área del cultivo de hule, gris oscuro y café oscuro para el cultivo caña de azúcar. Los horizontes inferiores poseen una estructura masiva y un color café oscuro en el cultivo de hule, mientras que en la caña de azúcar se obtuvieron colores color café y café amarillento oscuro. Para el cultivo de caña de azúcar las texturas varían de franco pasando por franco arcillosa a arcilloso. En el cultivo de hule franco arenosa a arcillosa. Son suelos profundos, con drenaje de moderado a lento. Erosión de leve a moderada en forma de surcos. El relieve es plano a ondulado suave. Entre las características químicas del suelo se obtuvo un pH que oscila entre 6.5 y 7.1, suelos pobres en fósforo, y en potasio para el cultivo de caña de azúcar. Para el cultivo de hule se obtuvo un pH entre 6.3 y 6.5, suelos pobres en fosforo, el potasio con un nivel adecuado en el horizonte superficial y deficiente en el horizonte inferior. Tomando en cuenta los resultados anteriores, se clasificaron los suelos con fines de riego en la Clase II, los cuales presentan características tales como suelos arables, conveniente para el riego para el cultivo de caña de azúcar, limitaciones ligeras de pedregosidad, pendientes de 0 a 4%, relieve ondulado a suave y erosión leve a moderado, esto con base a lo indicado por el United States Bureau of Reclamation (U.S.B.R.).

Para el manejo nutricional del cultivo caña de azúcar la dosis recomendada a aplicar es de 15 quintales/ha de fosfato di amónico (DAP) y 4 quintales de nitrato de potasio (K_2O), para el cultivo de hule solamente es necesario aplicar 3.8 lb/árbol de fosfato mono amónico. En cuanto al manejo del agua de riego se obtuvieron dos clasificaciones de las cuales la clasificación “A” corresponde

al área Noroeste y Sur, las cuales tienen una textura de suelo franco-arcilloso, esto equivale al 61.70%, lo cual representa 29 ha, se obtuvo una infiltración básica de 8.1 mm/hr. La clasificación "B" corresponde al área Noreste, con textura de suelo franco, en un área de 18 ha, esto corresponde el 38.30%, se obtuvo una infiltración básica de 13 mm/hr.

T.P.A. Bruno Rodrigo González Robles

Correo electrónico: b-rodrigo-gonzalez@hotmail.com

Asesor: Ing. Agr. Héctor Rubén posadas Ruiz

Summary

The next research it was done in finca “El Rosario” that is located in Cuyotenango, Suchitepéquez.

This research paper came from the concern of the finca’s administration, because of the last results of the performance in the sugar cane’s cultivation that were too slow. The best production are found in 90 ton/Ha and the lowest in 70 ton/Ha; it is considered as a low performance 100 ton/Ha (Cencigaña) while in the rubber planting there’s no uniform stems (from 11 to 17 cm), besides of other judgements that were taken of the diagnose completed during the Professional Supervised of Exercise Practice.

It was considered to realize a ground study, because it allows to know its potential so we can obtain the wanted results, in a way that is efficient and appropriate. Providing technical advice that has been absent of this place.

Because there wasn’t a semi-detailed ground study in the property, we couldn’t take in consideration the physical and chemical characteristics of it. Therefore, this information didn’t exist to have an irrigation design and a nutritional management of the rubber planting (*Hevea brasiliensis*) and sugar cane (*Saccharum officinarum*).

Because of the previously mentioned reasons, there was a ground division in a semi-detailed level (1:20,000) that at the end generated a publication map at a scale of (1:10,000) and presenting physical and chemical characteristics, ground fertility levels and irrigation classification.

In order to do this research, initially it was scanned the area of study, and a ground’s physical study it was realized also, so it could be determined the easy identification parameters in the field; like the texture, structure, color and effective deepness, stoniness, are some that could be mentioned and that was essential to classify the grounds with uniform characteristics and set sampling points, with help of a Global Positioning System (GPS) to locate the correct place where the ground

samples were subtracted and sent to the “Ing. Salvador Castillo Orellana” laboratory, from the Agronomy Faculty of the San Carlos de Guatemala University.

The results that were obtained proved that the surface horizons possess a loose grain structure, a black coloration on the rubber planting area, dark gray and dark brown for the sugar cane planting. The lower horizons possess a massive structure and a dark brown color in the rubber planting, while that in the sugar cane there were obtained brown and dark yellow-brown coloration.

For the sugar cane planting the textures vary from plain to clay plain to clay. In the rubber planting it was sandy-plain to clay. Those are deep grounds, with a sewer system from moderated to slow.

Erosion from mild to moderate with shaped grooves. The relief is plain to smooth undulated. Among the chemical ground characteristics, it was obtained a pH within 6.5 to 7.1. They are poor grounds on Phosphorus and Potassium, for the sugar cane planting.

For the rubber planting, it was obtained a pH within 6.3 to 6.5; poor grounds on Phosphorus but with an appropriate level of Potassium in the surface horizons but deficient in the lower horizons.

Taking in consideration the previous results, we classified the grounds for irrigation purposes in Class II; which present characteristics such as arable grounds, convenience to sugar cane planting's irrigation, light limited stoniness, slopes of 0 t 4%, undulated to smooth relief and low to moderate erosion, this is based on what was indicated by the United States Bureau of Reclamation (U.S.B.R.).

For the nutritional management of sugar cane planting the recommended dose to apply is 15quintal/Ha of diammonium phosphate (DAP) and 4 quintals of Potassium Nitrate (K_2O), for the rubber planting only is required to apply 3.8 pound/tree of diammonium phosphate.

Regarding the irrigation water management there were two obtained classifications of which the “A” classification belongs to the Northeast and South area, and of

which has a ground with a plain-clay texture, this is equivalent to 61.70% which represents 29Ha, there was obtained a basic infiltration of 8.1 mm/hr. The “B” classification it belongs to the Northeast area, it has a plain texture ground in an area of 18Ha, this belongs to the 38.30% and it was obtained a basic infiltration of 13mm/hr.

T.P.A. Bruno Rodrigo González Robles

Correo electrónico: b-rodrigo-gonzalez@hotmail.com

Asesor: Ing. Agr. Héctor Rubén posadas Ruiz

I. INTRODUCCION

El suelo es un recurso natural finito, no renovable que constituye la base del desarrollo económico del país, junto con el agua y la vegetación con que cuenta.

La finca “El Rosario” se localiza en el municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez, a una altura de 370 metros sobre el nivel de mar, la cual se encuentra en el estrato alto de la zona cañera.

El objeto de estudiar el suelo, es para adecuar en función a la demanda nutrimental e hídrica para los cultivos de caña de azúcar y hule, aprovechando de manera eficiente los recursos suelo, agua, financiero y humano.

La finca El Rosario no contaba con un estudio de suelos a nivel semidetallado que brindara información para la planificación de nutrientes y riego en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*).

Para apoyar a la administración de la finca en la planificación nutricional y diseño de riego, se desarrollo la presente investigación de los suelos de la finca; el objetivo general fue efectuar un estudio de suelos con fines de nutrición y riego a nivel de semidetalle en la finca El Rosario, como resultados se determinó que las texturas de los suelos de la finca son francos y franco arcillosos para el cultivo caña de azúcar y franco arenosos en el cultivo de hule, las profundidades están entre 0.60 y 1 metro, con pH entre 6.5 a 7.1 en caña y 6.3 en el cultivo de hule, nutrimentalmente la finca es deficiente en fosforo (P) y potasio (K).

El presente documento muestra los resultados del estudio de suelo y propone un plan nutricional para los cultivos de caña y hule. También se analizaron y cuantificaron las principales variables para el diseño del sistema de riego, siendo estos la textura, estructura, densidad aparente, punto de marchitez permanente, capacidad de campo, infiltración básica, lamina de humedad aprovechable, lamina de humedad rápidamente aprovechable, lamina bruta y el intervalo de riego.

II. MARCO TEORICO

1 MARCO CONCEPTUAL

1.1. Suelo

Según el USDA (1,965), el suelo es “La colección de cuerpos naturales ubicados sobre la superficie de la tierra, conteniendo organismos y soportando o siendo capaz de permitir el desarrollo vegetal en su medio normal. Este concepto de suelo, así entendido, tiene su representación tangible en las denominadas entidades básicas de suelos, es decir en el pedón y en el polipedón.

1.2 Características físicas de suelos

1.2.1 Textura del suelo

La textura es una de las propiedades físicas más importantes del suelo y se le define como la proporción relativa de arena, limo y arcilla que tiene un suelo. La importancia de las arcillas, radica en que constituyen el medio donde ocurren la mayoría de los procesos químicos de adsorción y retención de nutrientes y su posterior liberación a la solución del medio donde serán luego aprovechados por las plantas. Cuando la arena, limo y arcilla están presentes en cantidades iguales, el suelo se denomina “franco”. (CENGICAÑA 2013).

1.2.2 Densidad aparente (Da)

Se refiere a la relación que existe entre el peso del suelo seco y el volumen que ocupa éste suelo, incluyendo los poros, la cual se expresa en gramos/centímetro cúbico. Los valores medios de densidad aparente van de 1.0 a 1.3 gr/cc en suelos arcillosos, de 1.3 a 1.6 gr/cc para los francos y de 0.7 a 1.0 gr/cc en arenosos. (Sandoval Illescas, 1,989)

1.2.3 Capacidad de Campo (CC)

Se define como el contenido de humedad que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua gravitacional ha drenado. O sea que es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad. El concepto de capacidad de campo es de gran utilidad por ser el límite superior de agua aprovechable o disponible para el desarrollo de las plantas y además

porque es el porcentaje de humedad al que la zona radicular debe regarse para que no existan desperdicios ni falta de agua a la planta. (Sandoval Illescas, 1,989)

1.2.4 Punto de Marchites Permanente (PMP)

Es el porcentaje o contenido de humedad del suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. Al alcanzar el suelo valores de PMP las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse aun cuando se coloquen durante una noche en una atmósfera saturada en la que casi no se produce consumo de agua. Al medio día muchas veces las plantas se marchitan, pero luego al enfriarse el día se recuperan, éste es solo un marchitamiento temporal. (Sandoval Illescas, 1,989)

1.3 Características químicas de suelos

1.3.1 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmolc/kg o meq/ 100g de suelo. (Sandoval Illescas, 1,989)

1.3.2 Potencial de hidrógeno (pH)

Determina 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. La mayoría de los nutrientes disponible es en el pH neutro (6.6 – 7.3) El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). (FAO, 2006).

Cuadro 1. Valores de pH en el suelo

Fuertemente ácido	Menor de 5
Moderadamente ácido	5.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

Fuente: FAO (2006)

1.3.3 Conductividad Eléctrica (CE)

El análisis de la CE en suelos se hace para establecer si las sales solubles se encuentran en cantidades suficientes como para afectar la germinación normal de las semillas, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua por parte de las mismas. Los suelos no salinos son los adecuados para el crecimiento de las plantas. Se expresa en dS/m (deciSiemen por metro). (FAO, 2006)

- a. No salino 0 – 2
- b. Ligeramente salino 2 – 4
- c. Moderadamente salinos 4 – 8
- d. Fuertemente salinos 8 – 16
- e. Muy fuertemente salinos > 16

1.3.4 Porcentaje de saturación de bases (%SB)

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 de refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) 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. (Tobías, 1,997)

1.4 Característica biológica del suelo

1.4.1 Materia orgánica de los suelos de la región cañera de Guatemala

En general, se puede considerar que los contenidos de MO de los suelos de la región cañera de Guatemala son altos comparados con otras regiones del trópico cultivados con caña de azúcar. La acumulación de MO es una característica de los suelos derivados de ceniza volcánica y especialmente de los Andisoles con contenidos altos de arcillas amorfas como la “alófana”.

La distribución de la MO 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 M.O. (3.0% – 5.0%) 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%) se localizan en suelos Andisoles más evolucionados de la zona media y central de la región. (CENGICAÑA, 2013)

1.5 Clasificación de suelos

1.5.1 Suelos arenosos

Representan la parte inerte del suelo y tienen por lo tanto solamente funciones mecánicas, constituyen el armazón interno sobre las cuales se apoyan las otras fracciones finas del suelo, facilitando la circulación del agua y del aire. (USDA 1,965).

1.5.2 Suelos limosos

Participa solo en forma limitada en la actividad química del suelo, con las partículas de diámetro inferior, mientras que su influencia en la relación agua – suelo no es insignificante, y se incrementa con el aumento de los diámetros menores de este. (USDA 1,965)

1.5.3 Suelos arcillosos

Comprende toda la parte coloidal mineral del suelo, y representa la fracción más activa, tanto desde el punto de vista físico como del químico, participando en el intercambio iónico, y reaccionando en forma más o menos evidente a la presencia del agua, según su naturaleza. Por ejemplo las arcillas del grupo de las caolinitas tienen una capacidad de intercambio iónico bastante reducida, y se hinchan poco en presencia del agua, mientras que las arcillas pertenecientes a otros grupos tienen una elevada capacidad de intercambio iónico y elevada capacidad hidratante. (USDA 1,965)

1.5.4 Suelos Francos

Se suele denominar suelo franco a las partes superficiales del terreno cuya composición cuantitativa está en proporciones óptimas o muy próximas a ellas. Es suelo de elevada productividad agrícola, en virtud de su: Textura relativamente suelta propiciada por la arena, fertilidad aportada por los limos, Adecuada retención de humedad favorecida por la arcilla. (USDA 1,965).

1.5.5 Estructura del suelo

La estructura laminar y masiva tiene un movimiento del agua lento que puede producir encharcamiento, siendo difícil la aplicación del riego. Las estructuras en bloques y prismáticas tienen un movimiento del agua moderado, mientras que la granular tiene un movimiento rápido, no presentando normalmente problemas para riego ni drenaje y siendo estos tres tipos de estructuras las más favorables para la relación agua-suelo-planta.

- a. Por su forma: Prismática, columnar, en bloques angulares, en bloques subangulares, granular, laminar, sin estructura grano sencillo, sin estructura (masivo). (Tobías, 1,997)
- b. Por su tamaño: Grandes, medianos, pequeños.
- c. Por su consistencia: Débiles, medianos, fuertes.

1.5.6 Consistencia del suelo

- a. En seco: suelto, suave, ligeramente duro, duro, muy duro, extremadamente duro.
 - b. En húmedo: suelto, muy friable, friable, firme, muy firme, extremadamente firme.
- (Tobías, 1,997)

1.5.7 Relieve del terreno

- Plano o casi plano: pendiente < 2%.
- Ondulado: pendiente de 2 – 8%.
- Fuertemente ondulado: pendiente del 8 – 16%.
- Colinado: pendiente del 16 – 30%.
- Fuertemente socavado: pendiente > 30%.
- Montañoso: existen grandes variaciones de elevación.

1.5.8 Grado de erosión del suelo

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

1.5.9 Clases agrológicas en función a la pendiente

1. Clase agrológica I: 0 – 2%
2. Clase agrológica II: 0 – 4%
3. Clase agrológica III: 0 – 6%
4. Clase agrológica IV: > 6%, no aptas para riego. (Tobías, 1,997)

1.5.10 Profundidad efectiva del suelo

- ✓ Muy superficiales: 0 – 0.25 m.
- ✓ Superficiales: 0.25 – 0.50 m.
- ✓ Poco superficiales: 0.50 – 0.75 m.
- ✓ Moderadamente profundo: 0.75 – 1.00 m.
- ✓ Profundo: 1.00 – 1.50 m.
- ✓ Muy profundo: > 1.50 m. (Tobías, 1,997)

1.6 Perfil de suelo

El perfil de suelo es la exposición vertical de una porción superficial de la corteza terrestre que incluye todas las capas que han sido formadas por los llamados procesos edafogénicos generales y fundamentales durante el tiempo que lleva en desarrollo. Es la base para el estudio y caracterización del pedión, Polipedión y serie ó Unidad de clasificación de suelos. Su estudio detallado se logra solo por medio de la apertura de pozos denominados calicatas ó pedológicos y más comúnmente denominados “perfiles de suelo”. (Tobías, 1,997)

1.7 Calicata o pedón

Es un agujero que se abre en el suelo, generalmente de superficie rectangular y profundidad variable, en dónde se puede observar, describir y muestrear los horizontes que comprenden el perfil de un suelo. Las dimensiones comunes son de 1.00 X 2.00 metros de ancho y 1.5 metros de profundidad. Recibe otros nombres como: pozo de observación o trinchera. (Tobías, 1,997)

1.8 Horizonte

El horizonte de un suelo es una capa aproximadamente paralela a la superficie, con características impartidas por los procesos de formación del suelo. La descripción de los horizontes propuesta por la FAO (2006) en el manual para la descripción de perfiles.

O. Los horizontes orgánicos de suelos minerales incluyen horizontes *a*) formados sobre la parte mineral de perfiles de suelos minerales, *b*) dominados por material orgánico fresco o parcialmente descompuesto, y *c*) que contienen más de 30% de materia orgánica, si la fracción mineral contiene más de 50% de arcilla, o más de 20% de materia orgánica, si la fracción mineral no tiene arcilla.

O1. Horizontes orgánicos en los cuales se nota a simple vista la forma original de la mayor parte del material vegetal.

O2. Horizontes orgánicos, en los que la forma original de la mayor parte de la materia animal o vegetal no puede reconocerse a simple vista.

A. Horizontes minerales, constituidos por: a) horizontes de acumulación de materia orgánica, que se forman en la superficie o adyacentes a ella; b) horizontes que han perdido arcilla, hierro o aluminio, con concentraciones resultantes de cuarzo u otros minerales resistentes del tamaño de arenas o limos; o c) horizontes con las características dominantes de 1 o 2, pero transicionales a un horizonte subyacente, B o C.

A1. Horizontes minerales que se forman en la superficie o adyacentes a ella, El suelo es oscuro o más que los horizontes subyacentes, debido a la presencia de la materia orgánica.

A2. Horizontes minerales, en los cuales el aspecto importante es el color más claro y contenido más bajo de materia orgánica. Un horizonte A2 se diferencia generalmente de un horizonte B subyacente en el mismo perfil por su color más claro y/o la textura más gruesa.

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.

1.9 Clasificación de suelos para riego

a. Método de la United States Bureau of Reclamation (USBR) por sus siglas en inglés, método de la Oficina de Reclamación de Estados Unidos (OREU)

Clase I

Migajón arenoso a migajón arcilloso friable, ambos arables; más de 90 cm a la arena o material original; más de 1.50 m a la roca; un mínimo de 0.45 m a la zona caliza con 1.50 m penetrable; pH menor de 9.0 si el suelo no es calcáreo, las sales totales son bajas y el álcali negro es ausente; el total de sales no excede de 0.2%, pero puede ser más alto en los suelos permeables abiertos y con buenas condiciones de drenaje; pendiente uniforme hasta el 4%; solo se requiere un poco de nivelación sin necesidad específica de drenaje en la finca.

Clase II

Migajón arenoso a arcilla muy permeable; arables; más de 60 cm a la arena o material original; más de 1.20 m a la roca madre; un mínimo de 35 cm a la zona penetrable de caliza con 1.20 m penetrable; pH 9.0 o menos si el suelo no es calcáreo; no hay pruebas de álcali negro; el total de sales no excede de 0.5%; puede ser mayor en los suelos abiertos penetrables y con otras buenas condiciones de drenaje; pendiente uniforme hasta el 8%; se requiere una nivelación moderada; las condiciones del suelo y topográficas exigen alguna forma de drenaje en la granja.

Clase III

Migajón arenoso a arcilla permeable, ambas arables; más de 45 cm al material original; más de 45 cm de material original; más de 1.05 m a la roca madre; 25 cm a la zona caliza penetrable con 90 cm penetrables; pH 9.0 o menos si el suelo no es calcáreo; no hay pruebas de álcali negro; el total de sales no excede de 0.5%, puede ser mayor en los suelos abiertos permeables y con buenas condiciones de drenaje; pendiente uniforme hasta de 12%. En algunos puntos se requiere nivelación pesada y costosa.

Clase IV

Arable limitada. Tierras que poseen excesivas deficiencias o utilidad restringida y que, con estudios económicos y de ingeniería han demostrado ser regables pero de bajo valor.

Clase V

No arable. Tierras que requieren estudios económicos y de ingeniería para determinar su capacidad de riego y tierras reclasificadas como temporalmente improductivas.

Clase VI

No arable. Generalmente incluye tierras colgadas escabrosas o fuertemente erosionadas, tierras con suelo de textura muy gruesa, o suelos poco profundos, así como alta concentración de sales solubles.

1.10 Riego

Riego, aportación de agua a la tierra por distintos métodos para facilitar el desarrollo de las plantas. Se practica en todas aquellas partes del mundo donde las precipitaciones no suministran suficiente humedad al suelo o bien donde se quieren implantar cultivos de regadío.

El riego es “la aplicación artificial de agua al perfil del suelo con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que los cultivos produzcan en forma permanente y económica”. Sandoval Illescas (1,989)

1.11 Sistema de riego

Según Hernández (1992), se denomina sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. Sin embargo debe notarse que no necesariamente el sistema de riego debe constar de todas ellas, el conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión o por goteo. Por ejemplo, un embalse no será necesario si el riego o

arroyo del cual se capta el agua tiene un caudal suficiente incluso en el periodo de aguas bajas.

1.12 Riego por aspersión

De acuerdo a Hernández (1992), se puede definir al riego por aspersión como la aplicación artificial de agua al terreno, tratando de imitar la lluvia natural, forzando el agua a través de aberturas o boquillas, mediante presión que se incorpora a las tuberías del sistema por medio de una bomba o por gravedad, si las condiciones de desnivel entre la fuente y la zona de riego así lo permiten.

En términos generales un sistema de riego por aspersión consiste en un equipo de motor y bomba, que suministra energía al sistema cuando no existe suficiente desnivel natural entre la fuente de agua y la zona de riego. De la bomba parten una o más tuberías principales que conducen y distribuyen el agua a presión a través de todo el campo. Estas tuberías van conectadas a las tuberías laterales, sobre las cuales van montados los aspersores o rociadores, con sus respectivas tuberías elevadoras. Como complemento a lo anterior existen una serie de válvulas y accesorios que tienden a facilitar la distribución y el control del agua en el campo, tales como llaves, codos, tapones, uniones e hidrantes.

1.13 Diseño agronómico

Básicamente el diseño agronómico comprende el conjunto de actividades que tienen por finalidad el determinar la lámina de agua a aplicar (LHRA), en cantidad (caudal) y oportunidad (frecuencia), sobre toda la superficie sembrada con el cultivo a ser regado, tomando en consideración las características de suelos, topografía, clima, y cultivos para las cuales se va a diseñar. (Hernández 1992).

1.14 Suelos con fines nutricionales en el cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

1.14.1 Nutrientes

Elemento con características químicas que provee funciones específicas dentro de los vegetales. La ausencia de éste provoca alteraciones fisiológicas que se

manifiestan en un nivel bajo de vigorosidad en el vegetal y por ende disminuye su capacidad productiva. (Humbert, 1974).

1.14.2 Fertilizante

Fertilizante o Abono, es una sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Las plantas no necesitan compuestos complejos, del tipo de las vitaminas o los aminoácidos, esenciales en la nutrición humana, pues sintetizan todos los que precisan. Sólo exigen una docena de elementos químicos, que deben presentarse en una forma que la planta pueda absorber. Dentro de esta limitación, el nitrógeno, por ejemplo, puede administrarse con igual eficacia en forma de urea, nitratos, compuestos de amonio o amoníaco puro. (Humbert, 1974).

Los suelos vírgenes suelen contener cantidades adecuadas de todos los elementos necesarios para la correcta nutrición de las plantas. Pero cuando una especie determinada se cultiva año tras año en un mismo lugar, el suelo puede agotarse y ser deficitario en uno o varios nutrientes. En tal caso, es preciso reponerlos en forma de fertilizantes. La aplicación de fertilizantes adecuados estimula el crecimiento de las plantas. (Humbert, 1974).

1.14.3 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 (Humbert, 1974).

Cuadro 2. Recomendaciones de fósforo (kg de P₂O₅/ha) según P del suelo, ciclo de cultivo y tipo de suelo.

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: CENGICAÑA (2013)

Las fuentes de fósforo más comunes utilizadas en caña de azúcar son: el fosfato di amónico (DAP) con 46 por ciento de P_2O_5 , el fosfato mono amónico (MAP) con 52 por ciento de P_2O_5 . Estos fertilizantes además traen en su composición nitrógeno en forma amoniacal. El triple superfosfato (TSP) que viene con 46 por ciento de P_2O_5 trae también Ca, en un porcentaje de 15.0 - 18.5 por ciento. (Humbert, 1974).

1.14.4 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. 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. Sin embargo, el exceso de potasio en las plantas incrementa el contenido de ceniza en el jugo de caña lo que causa problemas en la cristalización del azúcar en el proceso de fabricación. (Anderson y Bowen, 1994).

En la zona cañera de Guatemala, es común encontrar bajos niveles de K intercambiable (< 100 ppm), en los suelos andisoles del estrato alto (pie de monte), los cuales se caracterizan por una elevada precipitación pluvial (> 3500 mm anuales) y por suelos de texturas livianas. Mientras que K intercambiable, en niveles que varían de bajo a adecuado, se ha encontrado en los suelos del estrato medio, cuyos suelos predominantes son andisoles e inceptisoles de texturas medias, contrastando con los niveles altos de K de los suelos del estrato bajo y litoral donde dominan suelos Molisoles de alta fertilidad. (CENGICAÑA, 2013).

Cuadro 3. Recomendaciones de dosis de potasio (K) en la zona cañera de Guatemala

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

Fuente: CENGICAÑA (2013)

Se recomienda aplicar 60 kg de K_2O /ha cuando los niveles de K intercambiable del suelo son menores de 100 ppm y 80 kg de K_2O /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 K_2O /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.(CENGICANÑA 2013)

1.14.5 Calcio

El calcio es un elemento esencial y forma parte de los pectatos de Ca que es importante constituyente de la pared celular. El Ca es un nutriente relativamente inmóvil dentro de la planta. La deficiencia de Ca produce tallos delgados y pobre crecimiento radicular. Las hojas viejas presentan manchas y clorosis en forma localizada, que a veces muestran síntomas similares a los de la roya, y pueden morir prematuramente (Anderson y Bowen, 1994).

Los suelos que tienen niveles de Ca menores de 4.0 meq/100 g se consideran bajos. Sin embargo, hay que tener en cuenta la saturación de Ca en el suelo y la relación entre las bases. Entre los fertilizantes con Ca están el superfosfato simple (20%) y superfosfato triple (15 – 15.8%). (Anderson y Bowen, 1994).

1.14.6 Magnesio

El magnesio es un constituyente de la clorofila y, por lo tanto, está involucrado en la asimilación de CO_2 y en la síntesis de proteínas. Es importante en el movimiento de P en las plantas y participa en los procesos de respiración. El Mg es absorbido por las raíces de las plantas, en forma de Mg^{2+} , y es un nutriente móvil en las plantas.

Bajos niveles de Mg en el suelo (< 1.0 meq/100g) se presentan principalmente en el estrato alto (arriba de 300 msnm) de la región, donde la precipitación pluvial

es alta con dominancia de suelos arenosos. Los estratos medio, bajo y litoral generalmente tienen niveles de Mg adecuados y altos (Villatoro *et al.*, 2009).

1.15 Suelos con fines nutricionales en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*)

1.15.1 Fósforo en el cultivo de hule

El P es uno de los elementos más deficiente de los trópicos húmedos. La deficiencia de P conduce a la baja asimilación en el metabolismo, inhibiendo el crecimiento de la planta. Dentro de la planta, el P desempeña un papel importante en las reacciones bioquímicas del metabolismo de los carbohidratos, división celular y desarrollo de los tejidos meristemáticos. Además forma parte de los ácidos nucleicos. Rosenquist (1960)

El P fue el macronutriente absorbido en menor cantidad, mostraron que el caucho responde bien a la fertilización fosfatada, mientras que Bolton (1960), demostró que la respuesta se presenta cuando los contenidos de P en el suelo son menores a 12 ppm. Rosenquist (1960) encontró aumento de la producción de látex y del diámetro del tallo con la aplicación de abonos fosfatados. El P desempeña un papel importante en el metabolismo de la planta de caucho. Casi siempre presenta respuesta debido principalmente a la pobreza de este elemento en suelos tropicales.

1.15.2 Potasio en el cultivo de hule

El K desempeña un papel importante en los procesos fisiológicos como en la síntesis de proteínas, aminoácidos, en la fotosíntesis y en la transformación de carbohidratos. (Valois, 1980).

El K juega un papel importante en el metabolismo del caucho, pero la aplicación aislada no se traduce en incrementos notables en producción, sin embargo, la aplicación conjunta con otros elementos, principalmente N hace que las respuestas en rendimiento sean apreciables. (Valois, 1980).

1.15.3 Calcio en el cultivo de hule

Trabajos de investigación conducidos en Malasia han dado énfasis al efecto del magnesio (Mg) sobre la producción de látex, a pesar de que el calcio (Ca) es uno de los nutrientes extraídos en mayor cantidad por el caucho. Por lo tanto, para obtener altos rendimientos se recomienda aplicar en estos suelos cierta cantidad de cal dolomítica. (Valois, 1980).

1.15.4 Magnesio en el cultivo de hule

El Mg es constituyente importante de la molécula de clorofila. La deficiencia de Mg restringe el desarrollo de la planta debido a la escasez de clorofila, que a su vez reduce la fotosíntesis (Valois, 1980).

1.15.5 Micronutrientes en el cultivo de hule

Pocos trabajos se han llevado a cabo en países productores de caucho para evaluar el efecto de los micronutrientes en la producción de látex. Sin embargo se ha evaluado el efecto de esos nutrientes sobre el crecimiento y se ha caracterizado los síntomas de deficiencias. (Valois, 1980).

1.16 Inceptisoles

La Clasificación Taxonómica de Suelos, es una metodología de estratificación o agrupación de los entes llamados suelos, que tiene entre sus propósitos ser un auxiliar para la planificación del manejo de los mismos y por ende contribuye para la preparación de planes de manejo de los recursos naturales. Esta es una clasificación muy utilizada por diferentes países, en algunos casos de manera oficial y en otros casos como un auxiliar técnico y medio de comunicación entre profesionales o científicos que tratan del estudio y/o manejo de recursos naturales. En Guatemala es usada desde la década de los años ochenta, con el propósito de identificar y caracterizar suelos a nivel local, regional o en pequeñas cuencas. MAGA (2000)

Según MAGA (2000) la clasificación taxonómica de los suelos del municipio de Cuyotenango son Inceptisoles y de suborden Udepts, por lo cual la finca “El Rosario” pertenece a esta clase de suelos, no están secos en su interior por más de 90 días. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. Estos se han desarrollado principalmente sobre materiales arcillosos mezclados con cenizas volcánicas y fragmentos de roca. Son suelos medianamente evolucionados con complejo de cambio saturado (< 50 %) con estructuras bien desarrolladas y de texturas medias y arcillosas sobre subsuelo arcilloso.

Generalmente presentan buenas condiciones para actividades productivas, pero cuando se encuentran en regiones de alta pluviosidad, demandan reposición de nutrientes para hacerlos productivos. (MAGA, 2000)

Según MAGA (2000) el área de los suelos inceptisoles con suborden Udepts ocupan un área de 1121.79 km², y se encuentra en el 1.03 % del área entre los departamentos de Alta Verapaz, Huehuetenango, Izabal, Quiché, Escuintla, Retalhuleu y Suchitepéquez.

1.17 Levantamiento de suelos

De acuerdo con USDA (1998), el levantamiento de suelos describe las características de los suelos en un área específica, clasifica los suelos de acuerdo a un sistema de clasificación estándar, trata los límites de los suelos en un mapa y hace predicciones acerca del comportamiento de los mismos suelos. Los diferentes usos de la tierra y como es la respuesta del suelo al manejo son consideradas en el diseño y ejecución del levantamiento. La información colectada en el levantamiento de suelos ayuda en el desarrollo de planes de uso de la tierra y evalúa y predice el efecto del uso de la tierra en el medio ambiente.

De manera más resumida, (Gomez A. 1,998.) definen al levantamiento de suelos como el proceso por el cual se determina el patrón de cobertura del suelo,

caracterizándolo y presentándolo de forma entendible e interpretable para varios clientes.

1.17.1 Tipos de levantamiento de suelos

El tipo de levantamiento de suelos a realizar depende principalmente de los objetivos a lograr, lo que define la escala de publicación, por lo que en general se ha reconocido que el recurso suelo se puede estudiar a tres niveles de descripción: Reconocimiento (1:100,000 a 1:250,000), semi-detallado (1:20,000 a 1:50,000) y detallado (1:10,000 a 1:25,000). (Gómez (1,998)

Algunos parámetros para caracterizar un levantamiento de suelos de acuerdo a las categorías anteriores, son los siguientes:

- 1) Escala de publicación del mapa.
- 2) Material cartográfico utilizado.
- 3) Unidades de clasificación utilizadas.
- 4) Unidades cartográficas obtenidas.
- 5) Método de elaboración utilizado.

De ésta manera los diferentes tipos de levantamientos de suelos podemos caracterizarlos de la siguiente manera:

1.17.2 Levantamiento de reconocimiento.

- 1) Tiene objetivos de planeación a nivel nacional, estatal o de grandes regiones.
- 2) Se obtienen mapas a escala pequeña, la cual varía de 1:100,000 a 1:250,000.
- 3) Para su realización se emplea en gran medida la fotografía aérea como material primario y poco o nulo trabajo de campo. Gómez (1,998)

1.17.3 Levantamiento semi-detallado

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 fotografía aérea en escala mayor de 1:40,000 a 1:20,000, densidad de observaciones detalladas de 1 observación de identificación por km². Estos estudios se realizan a Escala 1:50,000 a 1:20,000. Gómez (1,998)

1.17.4 Levantamiento detallado.

Son levantamientos de suelos que sirven para la planificación del uso del suelo a nivel comunitario, ejidal ó inclusiva a nivel parcelario, tiene una aplicación directa en la elaboración de los programas de manejo forestal. Su escala de publicación varía de 1:25,000 a 1:10,000, se apoya en la fotointerpretación pero con fotografías de escala 1:20,000 ó mayor densidad promedio de observaciones detalladas de 15 por km², la mayor parte de la información se recaba ó por lo menos se verifica en campo. Gómez (1,998)

1.17.5 Sistemas de información geográfica (SIG)

Es un completo sistema conformado por Hardware, Software, protocolos, datos y usuarios que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Las plataformas existentes son bajo licencia entre estos ArcGis y Opensource: QGis, GvGis

1.18 Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar requiere altas temperaturas durante el período de crecimiento y bajas temperaturas durante el período de maduración. Mientras más grande sea la diferencia entre las temperaturas máximas y mínima durante la maduración mayores serán las posibilidades de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar. Las temperaturas óptimas para diferentes etapas

del desarrollo de este cultivo son: para la germinación entre 32⁰C y 38⁰C, para el macollamiento 32⁰C y para el crecimiento 27⁰C. (MAG, 1991).

La precipitación anual adecuada para este cultivo es de 1.500 mm bien distribuida durante el período de crecimiento (nueve meses). La caña necesita la mayor disponibilidad de agua en la etapa de crecimiento y desarrollo, durante el período de maduración esta cantidad debe reducirse, para restringir el crecimiento y lograr el acumulo de sacarosa. (MAG, 1991).

La caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco arcillosos, bien drenados, profundos, aireados ricos en materia orgánica, topografía plana y semi-plana y con pH entre 5,5 y 7,5. (MAG, 1991).

En general puede decirse que la época de más baja precipitación pluvial corresponde a los meses de más baja temperatura y de mayor brillo solar. Los meses de enero, febrero, marzo y abril, constituyen el período favorable para la maduración de la caña de azúcar en nuestro país y es la mejor época para la zafra. (MAG, 1991).

1.18.1 Condiciones fenológicas del cultivo de caña de azúcar (*S. officinarum*) en Guatemala

Las etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar bajo condiciones de la zona cañera de Guatemala, se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Etapas fenológicas para el cultivo de caña de azúcar

No.	Etapas Fenológicas	Duración (Días)	Acumulado.
EF-1	Iniciación	45	45
EF-2	Macollamiento	90	135
EF-3	Elongación I	115	250
EF-4	Elongación II	65	315
EF-5	Maduración	45	360

Fuente: Castro (2012)

En el cuadro 4 se detallan las etapas fenológicas del cultivo de caña desde su inicio hasta su maduración con un acumulado de días.

1.19 Taxonomía del cultivo de la caña de azúcar

De acuerdo con el sistema de clasificación del sistema filogenético, la sistemática de la caña de azúcar es la siguiente:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Embryobionta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Commelinidae*

Orden: *Cyperales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Saccharum*

Especie: *Saccharum officinarum* L.

1.19.1 Botánica de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (CENGICAÑA, 2013).

La raíz: Es de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte esencial de la planta ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las

raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso. (CENGICAÑA, 2013).

El tallo: La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. La proporción de cada componente varía de acuerdo con la variedad de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc. (CENGICAÑA, 2013).

La hoja: Es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo. A medida que la caña se desarrolla, las hojas bajas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores. También nacen en los nudos las yemas que bajo ciertas condiciones especiales pueden dar lugar al nacimiento de una nueva planta. (CENGICAÑA, 2013).

La inflorescencia: Es una panícula de forma y tamaño variables, características de cada cultivar o variedad usado, las flores son hermafroditas completas. La manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento, para la obtención de híbridos más productivos, resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica. (CENGICAÑA, 2013).

1.20 Descripción de la variedad caña de azúcar CP 88-1165 a nivel morfológico y agronómico

CP Canal Point (Florida)

88 Año de selección

1165 Número correlativo de selección

Progenitores CL 61-620 X CP 81-1302

Cuadro 5. Resultados de rendimiento en la zona media y zona baja de la variedad de caña CP88-1165

Variable	Zona alta	Zona media	Zona baja
TCH	134	132	178
Pol %	16.8	16.2	15.9
TAH	22.1	21.4	28.3

Fuente: Orozco, H. et al (2004.) Catálogo de variedades de CENGICAÑA

Nota: TCH: Toneladas de Caña por Hectárea, Pol%: concentración aparente de sacarosa en porcentaje, TAH: Toneladas de Azúcar por Hectárea

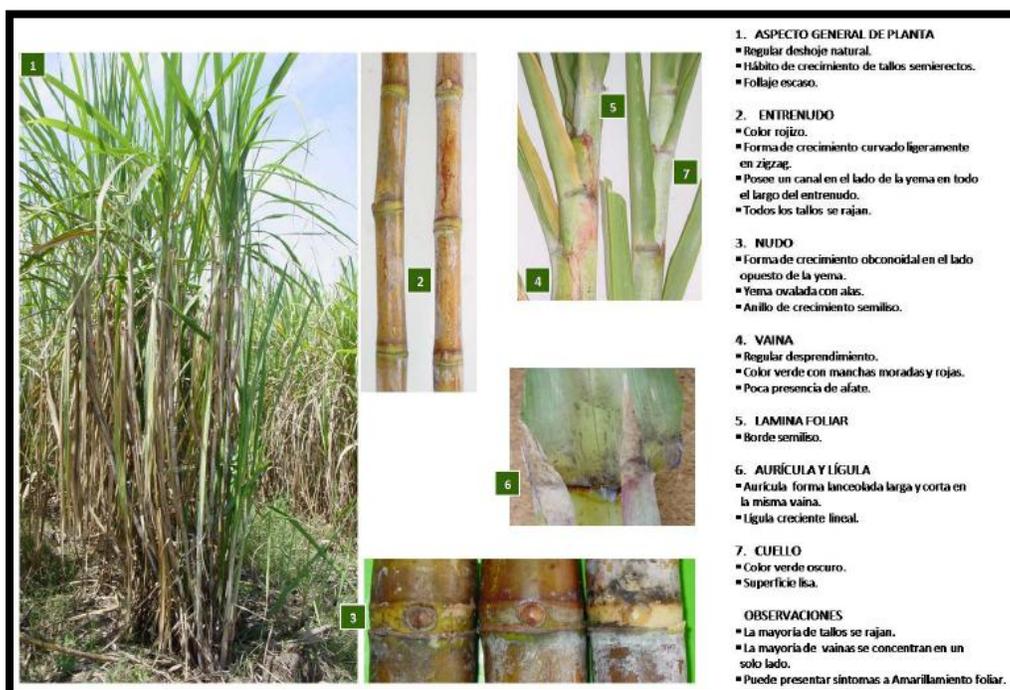


Figura 1: Características morfológicas de una planta de caña de azúcar de la variedad CP88-1165

Fuente: Catálogo de variedades de CENGICAÑA. (2004)

1.20.1 Características agronómicas de la variedad CP88-1165

Esta es una variedad que se adecua para el estrato medio y bajo, posee un 33 por ciento de floración en el estrato medio y cero por ciento en el estrato bajo, su contenido de corcho es de 17 por ciento para el estrato medio y 8 por ciento para el estrato bajo su contenido de fibra es del 11.5 por ciento, la mayoría de las vainas se concentran a un solo lado, puede presentar síntomas de Amarillamiento Foliar. (Orozco, 2004)

1.21 Requerimientos nutricionales del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en kg/ha.

Según Stoller (2,000), los requerimientos nutricionales que necesita el cultivo de la caña de azúcar para su buen desarrollo, y poder de ésta manera alcanzar los mejores rendimientos en toneladas de caña y de azúcar por unidad de área (160 ton/ha), son los que se aprecian en el cuadro 6.

Cuadro 6: Requerimientos nutricionales del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.).

CULTIVO	ELEMENTOS NUTRICIONALES EN Kg/ha								
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.)	162.34	129.87	243.51	155.84	55.20	0.03	0.26	0.10	0.10

Fuente: Stoller (2000).

1.22 Requerimientos hídricos de la caña de azúcar

El uso consuntivo (Kc) depende del estado de desarrollo en que se encuentre el cultivo, para fines ilustrativos se dividen en cuatro: germinación, macollamiento y cierre, rápido crecimiento y maduración, la duración de cada etapa puede variar en función de condiciones ambientales y de la variedad. (Castro, 2012)

A) Germinación

Comienza cuando el cultivo ha sido recién sembrado y aún no ocurre emergencia o cuando el retoño no ha emergido, en esta etapa el factor de Kc es de 0.3 para cualquier textura de suelo, ésta etapa llega a los 45 días después de siembra o corte. (Castro, 2012)

B) Macollamiento

En esta etapa inicia la proliferación de tallos, desarrolla una mayor cantidad de follaje y comienza a cerrar, al disponer de mayor área foliar puede interceptar mayor radiación solar, así mismo su crecimiento radicular se incrementa y con ello la capacidad de captar más agua a mayor profundidad, por lo cual la

evapotranspiración aumenta. En esta etapa el factor K_c es de 0.3 a 0.6 dependiendo de la textura del suelo, esto se puede observar en el cuadro 9 (Castro, 2012)

C) Rápido crecimiento

El cultivo experimenta un desarrollo vigoroso y completo y por lo general el porte permanece aún erecto. El incremento del área foliar sigue y la misma está en estrecha relación con la evapotranspiración, los requerimientos de agua son mayores que en las fases anteriores. (Castro, 2012)

Un aspecto importante es que si por algún motivo se presentara un estrés de humedad moderado en las fases anteriores, los efectos negativos que podrían ocasionar en el rendimiento final no serían tan severos como en esta fase. (Castro, 2012)

Por lo general el déficit hídrico repercute más en la elongación del tallo que en la extensión de las raíces. Bajo ésta condición la fotosíntesis y, por lo tanto, la acumulación de sacarosa, pueden ocurrir de manera elevada en el tallo. (Castro, 2012)

D) Maduración

En esta fase se reduce la evapotranspiración, la pérdida de humedad se ha estimado entre el 70% y 90% de la evaporación, la pérdida de agua favorece la concentración de sacarosa, y así, esto favorece a la extracción de azúcar en el corte, alce y transporte. (Castro, 2012)

Este coeficiente es un indicador del cultivo de la caña de azúcar que muestra las tendencias de las necesidades de agua en todas las etapas fenológicas de la caña de azúcar. (Castro, 2012)

Es por ello que de acuerdo a Castro (2012), se propone una clasificación de coeficientes de cultivo, como se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 7: Valores del coeficiente de transpiración del cultivo (Kc) según etapa fenológica y tipo de suelo, de toda la zona cañera de la costa sur de Guatemala.

TEXTURA	ETAPAS FENOLÓGICAS (DDC)			
	EF-1 (0-45)	EF-2 (46-135)	ELONGACIÓN	
			EF-3 (136-250)	EF-4 (251-315)
Kc (aptitud de la caña para evapotranspirar)				
Franco Arenosos Franco Arcillosos Arcillosos Arena franca Arena	0.3	0.6	0.9	1
Franco limosos Franco arcillo-limoso Francos	0.3	0.3	0.6	0.7
Franco Limoso + aporte capilar	0.3	0.3	0.3	0.3

Fuente: Castro (2012)

1.23 Taxonomía del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*)

Reino: Vegetal

Sub.-Reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub-clase: Rosidae

Orden: Euphorbiales

Familia: Eufhorbiaceae

Género: Hevea

Especie: Heveabrasiliensis

(Gremhule, 2010)

1.24 Descripción botánica del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*)

Los árboles de hule alcanzan cerca de 20 m de altura y que su vida comercial es de 30 a 35 años.

La Gremial de Huleros de Guatemala (GREMHULE, 2010), los describe como de porte y altura variables, que son plantas monoicas, con hojas alternas, con 3 foliolos pinnatinervados, de flores blancas, apétalas en panículas piramidales, ramas pubescentes, las flores masculinas con 10 estambres, las flores femeninas

con un cáliz de 5 lóbulos, ovario con 3 celdas, estigma bilobado, el fruto es una cápsula grande dehiscente.

Compagnon (1998), menciona que la madera del hule es homogénea, blanda y muy quebradiza, que su tronco es recto y cilíndrico, con corteza grisácea. Alcanza un diámetro de 1 a 3 m., a la altura de un hombre. Las coronas se unen a los cuatro años de edad y las ramas ascendentes inician desde los 3 a 4 m. Se sabe, que en su lugar de origen, los árboles de hule llegan a vivir más de cien años, en una plantación comercial su vida se limita a 35 a 40 años y que la explotación inicia entre los 6 y 7 años después del establecimiento.

1.25 Características del clon de hule PB-255

Origen Genético es del PB 5/51 X PB 32/36, origen geográfico es de Malasia (Estación de mejoramiento genético, Prang Besar, Malaysia). Este clon tiene la tendencia de desarrollarse muy rápido en su juventud. Hay que señalar que ningún efecto secundario se ha observado en el crecimiento o época de hacer podas. En edad adulta el tronco podrá presentarse un recto; la corteza es muy fina. Es delicada de picar, la ramificación aparece rápidamente, bastante homogéneo, presentando muchas ramificaciones; La copa es bien distribuida y frondosa, La cobertura del suelo se establece rápidamente en los primeros 3 años (CIRAD, 1993).

Características Agronómicas: La producción de semillas es de mediana a débil; no tiene dificultades particulares para la producción de brotes; el clon PB 255 es un gran productor. Su inicio de producción es rápido, tiene una baja de producción media en el verano. La buena producción por árbol compensa el número de árboles en pica relativamente bajo (CIRAD, 1993).

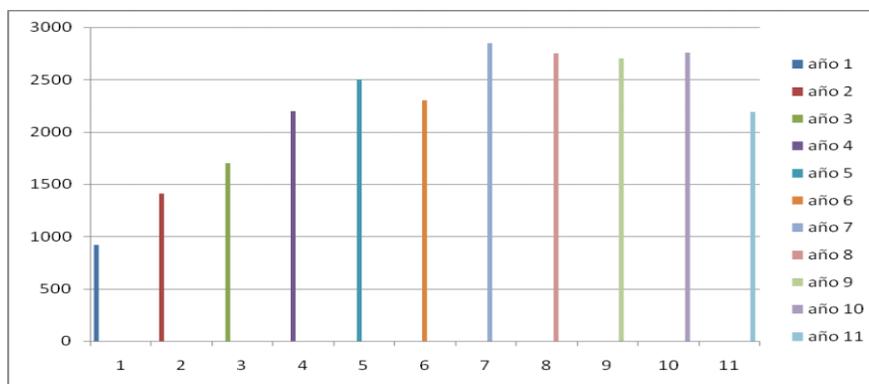


Figura 2: Producción promedio en látex del clon PB 255 en Guatemala, rendimiento en kg/ha al año.
Fuente: CIRAD (1993)

Características Fisiológicas: El sistema de explotación del Clon PB 255 responde bien a la baja estimulación comportándose bien a un sistema de explotación de: d/5, 7d/7, estimulando 3 a 4 veces por temporada (CIRAD, 1993).

Características secundarias: Sensibilidad al viento: En Malasia es considerado como resistente a la quiebra, no así en Costa de Marfil. Esta sensibilidad a la quiebra del tronco y de las ramas ha sido igualmente señalada con plantaciones industriales. (CIRAD, 1993).

Ensayos de injerto de corona han sido hechos para nivelar este inconveniente. No se ha llegado a ninguna conclusión definitiva hasta hoy sobre los efectos de quiebra; por contrario se ha determinado bajas en la producción del 20% al 30% según el clon que sea usado como corona. (CIRAD, 1993).

Es considerablemente sensible, a cortes secos, en especial en casos de pica intensa pudiendo llegar hasta el Brown Bast deformativo; En Costa de Marfil aparece como 20 poco sensible a las enfermedades de las hojas, en Camerún es donde sobrepasa a veces el umbral de tolerancia al *Colletotrichum gloesporoides* y es sensible a las enfermedades de panel de pica, tratamientos sistemáticos son absolutamente necesarios (CIRAD, 1993).

1.25.1 Características morfológicas del clon PB 255

Color de La hoja: Verde

Textura de la hoja: Lisa

Brillo de la hoja: Brillante

Forma del foliolo central: Ovalado de Arriba

Punta o Ápice: Corta

Foliolo Lateral/Foliolo central: Idénticos o misma forma más pequeños

Base del foliolo Central: Liso

Perfil longitudinal del foliolo central: Convexo

Perfil transversal del foliolo central: Plano

Posición respectiva de los foliolos: Separados

Pecíolo: Medio, en ángulo abierto

Perfil del pecíolo: Derecho o recto

Espaciamiento de Coronas: Poco separados

Brote: Normal

Color del látex al picar: Ligeramente amarillo. (CIRAD, 1993).

1.26 Inicio de la explotación

1.26.1 El panel de Pica

El panel de pica limita o define la zona de la corteza del tallo a explotar esta corteza puede estar virgen o no explotada, regenerada por primera vez con una sola explotación o regenerado por segunda vez. (Gremhule, 2010).

Las normativas de apertura de paneles están determinadas por factores económicos y fisiológicos. En el aspecto económico se toma como norma iniciar la apertura de paneles cuando una plantación tiene 200 árboles por hectárea, o el 50 % de los mismos con circunferencia de tallo apropiado para la pica. (Gremhule, 2010).

Desde el punto de vista fisiológico un árbol está en condiciones de ser explotado, cuando su tallo tiene 55 centímetros de circunferencia (6 pulgadas de diámetro) a 1 metro de altura del suelo y un grosor de corteza mínimo de 6 milímetros, solamente árboles que han alcanzado grosor de pica deben ser explotados en plantaciones comerciales. (Gremhule, 2010).

Técnicamente este número de árboles con grueso apropiado de pica debe corresponder a un mismo clon, de igual edad de siembre para que aproximadamente a los 6 años de edad se inicie su explotación. (Gremhule, 2010).

1.27 Requerimientos nutricionales del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en kg/ha/año.

De acuerdo con los requerimientos propios de la especie y junto con el análisis de suelos se realiza el plan de fertilización, el cual se deberá monitorear y ajustar de acuerdo al desarrollo de la plantación.

En el siguiente cuadro se puede observar los requerimientos nutricionales del cultivo para diferentes edades de los arboles.

Cuadro 8: Requerimientos nutricionales del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en función de la edad.

Edad (años)	Total en los árboles (kg/ha/año)											
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo*
1	11.8	1.4	7.0	4.5	2.1	1.2	0.01	0.01	0.14	0.14	0.02	0.16
2	72.3	7.2	41.6	34.9	14.1	7.5	0.08	0.04	0.50	0.16	0.11	1.24
3	149.6	14.6	57.9	98.8	20.3	14.3	0.14	0.80	1.08	0.35	0.20	2.49
4	351.1	30.0	187.6	168.7	62.8	48.1	0.30	0.25	4.28	0.56	0.57	12.90
5	478.9	42.9	151.1	175.0	81.2	54.4	0.46	0.44	5.39	1.36	0.64	20.04
6	728.0	63.6	311.8	370.3	118.8	77.4	0.51	0.84	14.40	3.03	1.58	29.62
8	558.0	49.4	289.8	414.7	85.0	64.0	0.43	0.36	8.13	1.92	1.13	16.14
10	1529.2	141.1	510.6	756.5	241.6	139.3	0.91	1.12	8.96	10.94	2.62	40.07

* Expresado en g/ha.

Fuente: Shorrocks (1965)

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Lugar de estudio

La investigación se llevo a cabo en la finca “El Rosario”, está ubicada en el municipio de Cuyotenango del departamento de Suchitepéquez en el kilómetro 166.5 de la carretera CA-2 al suroeste del municipio de Mazatenango y que conduce al municipio de Cuyotenango, colinda al norte con la finca “Uatlán”, al oeste con la finca Trinidad y la granja Finos Hules, al este con la finca “Uatlán” y finca “Valdeflores”, al sur con la finca “San Rafael Quisquil”.

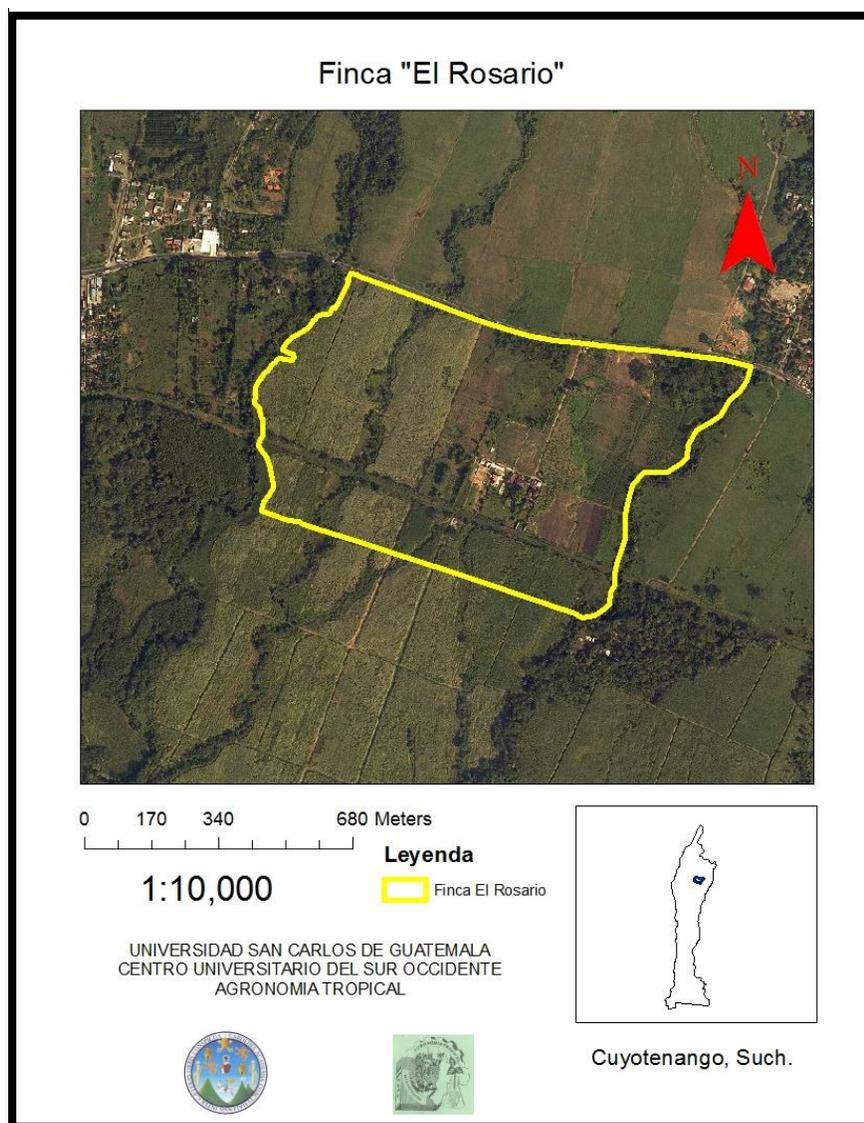


Figura 3: Mapa de la finca “El Rosario”
Fuente: Autor 2015

2.2 Extensión y ubicación geográfica del área de la finca

La finca El Rosario tiene un área de 60 ha y se encuentra situada en las siguientes coordenadas 14°51'19" latitud norte y 91°41'45" longitud oeste, a una altura de 370 msnm.

2.3 Vías de acceso

Finca "El Rosario" cuenta con dos vías de acceso, la entrada principal se encuentra sobre la carretera CA-2 en el kilómetro 166 y la segunda entrada se ubica a 250 metros de la entrada principal.

2.4 Descripción climática

Según el sistema de clasificación de Holdrige, la finca El Rosario se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo Subtropical Cálido (Bmh S-C).

Según CENGICANÑA para el estrato alto (> 300 msnm), las temperaturas máximas, media y mínima son de 32°C, 26°C y 22°C respectivamente. La dirección del viento predominante es del norte – noroeste con una velocidad aproximada de 10 km/h. La altura de la finca es de 370 msnm. La humedad relativa anual promedio es de 75% a 85%.

2.5 Descripción Hidrológica

La cuenca a la que pertenece la finca El Rosario se denomina Sis-Ican. La precipitación pluvial varía entre 3,000 y 4,000 mm, siendo los mayores en el mes de septiembre. Con respecto al recurso hídrico, la finca cuenta con los siguientes ríos: Cameya, Zincama y Los Ajos.

2.6 Descripción edáfica

Las características de los suelos basados en la descripción de Simmons, Tarano y Pinto, los suelos de la finca "El Rosario" pertenecen al grupo II Suelos del Litoral del Pacífico con características de origen volcánicos, con una relieve muy ligeramente inclinado a ondulado, con buen drenaje interno, la finca cuenta con un suelo de textura superior es franco arcillosa a arcillosa.

2.7 Agroecosistema

2.7.1 Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

a. Variedad

La variedad de caña de azúcar CP88-1165 fue desarrollada por la estación experimental Canal Point “CP”, Florida, Estados Unidos, en el año de 1988 y por medio del ingeniero Luis Juárez del Ingenio Magdalena se introdujo esta variedad a Guatemala en el año de 1991.

Según Comparini (2006) la variedad se adecua en el estrato medio y alto, a una altura de 100 hasta los 300 msnm, en el estrato medio y el estrato alto que comprende de una altura mayor a 300 msnm. La finca El Rosario esta a una altura de 370 msnm, por lo que pertenece al estrato alto, por ende esta variedad se adapta al medio donde se ubica la finca.

La variedad de caña de azúcar establecido en la finca “El Rosario” es la CP88-1165 a un distanciamiento de siembra de 1.5 m de calle. Según Palala, C. (2015), en el año 2007 se estableció la variedad CP 88-1165, la cual está en la séptima soca, se obtuvieron rendimientos de 70 a 90 ton/ha de caña de azúcar, estos rendimientos son considerados bajos (< 100 ton/ha), por lo cual en la finca se desea realizar un estudio de fertilidad de suelos para mejorar los rendimientos en dicho cultivo.

b. Fertilización

La fertilización es importante para el desarrollo y crecimiento de la caña de azúcar como también para obtener los mejores rendimientos.

Esta actividad se realiza al menos dos veces, según Palala (2015) en la finca “El Rosario” la primera aplicación se hace al momento de la siembra en forma manual al voleo incorporando al fondo de los surcos la formula fosfato de amonio doble (18-46-0, N-P-K) el cual se realiza al momento de la siembra, esta aplicación

se realiza con el objeto de que la semilla emita raíces vigorosas y provea de buen anclaje a la planta.

El fósforo promueve el macollamiento y desarrollo de la raíz, de tal manera que es indispensable en las primeras fases del crecimiento del cultivo (Humbert, 1974).

La segunda aplicación que realiza la finca “El Rosario” utiliza urea (46% N), lo hace a los cuatro meses después de la siembra y del corte de caña soca, en forma manual al voleo.

La dosis de los fertilizantes (18-46-0, N-P-K) y urea (46% N) utilizados en la finca “El Rosario” se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 9: Tipo y dosis de fertilización en el cultivo de caña de azúcar, finca “El Rosario”

Tipo de fertilizantes	Dosis en (kg/ha)
Fosfato de amonio (18-46-0)	193
Urea (46% N)	193

Fuente: Autor (2015)

c. Malezas y su control

Las principales malezas que han provocado problemas al cultivo caña de azúcar en la finca El Rosario se describen en el cuadro 10.

Cuadro 10. Principales malezas de la caña de azúcar en la finca “El Rosario”

Nombre común	Nombre técnico	Familia
Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Poaceae
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>	Poaceae
Quinamul, bejuco, lava platos	<i>Ipomoea triloba, Ipomoea nil</i>	Convolvulaceae
Pasto bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae
Flor Amarilla	<i>Baltimora recta</i>	Asteraceae
Golondrina	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae
Zacatón	<i>Panicum maximun</i>	Poaceae
Mozote	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae

Fuente: Autor (2015)

Entre las malezas que más se encuentra distribuida en la finca “El Rosario” es la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) y por tal motivo se le considera de mayor importancia económica.

El control de malezas se realiza de forma manual y químicamente en la finca. Para el control manual el personal de campo lo ejecuta arrancando las malezas, el control químico lo realizan con asperjadoras de espalda con aplicaciones pre-emergentes y post-emergentes. La finca “El Rosario” realiza varias mezclas para el control de malezas como se observa en los cuadros 11 y 12.

Cuadro 11. Mezcla de herbicidas en caña de azúcar

Mezcla	Dosis (tonel/ha)	Momento de aplicación
Regulador de PH	87.5cc	Pre y Postemergencia
Karmex (Diuron)	1.4 lb	
Gesaprim (Triazina)	1.4 Lb	
2,4-D amina	1.05 L	
Adherente 810	175 cc	

Fuente: Finca El Rosario (2015)

Cuadro 12: Mezcla de herbicidas en caña de azúcar

Mezcla	Dosis (tonel/ha)	Momento de aplicación
Regulador de PH	87.5 cc	Pre-Postemergente
Gesapax	0.7 L	
Velpar K-60 (hezinona + diuron)	2.1 kg	
2,4-D	1.05 L	
Adherente 810	175 cc	

Fuente: Finca El Rosario (2015)

La aplicación de estas mezclas sirve para el control de malezas como la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), golondrina (*Euphorbia hirta*), bejuco, quinamul (*Ipomoea nil*), zacatón (*Panicum maximum*), mozote (*Bidens pilosa*), zacate Johnson (*Sorghum halepense*) entre otras malezas. La mezcla del cuadro doce solamente se aplica cuando hay humedad, la mezcla diez se aplica cuando existe demasiada maleza en el cultivo.

d. Plagas y enfermedades

Entre las plagas que más afecta a la finca en época lluviosa es la gallina ciega (*Phyllophaga spp*) y chinche salivosa (*Aenolamia sp*) y en la época seca la plaga que afecta es la taltuza (*Geomys hispidus*). En la finca “El Rosario” no se realiza ningún control de enfermedades

La chinche salivosa (*Aenolamia sp*) es la especie de mayor importancia en el cultivo de caña de azúcar, con el 96 por ciento de abundancia. Es un insecto con aparato bucal picador-chupador, que se alimenta del xilema de una gran variedad de gramíneas neotropicales y cuya infestación en caña de azúcar se repite cada año con los huevos diapáusicos depositados en el suelo, el ciclo anterior. Estos huevos dan origen a la primera generación de ninfas en la estación lluviosa, y de ahí surgen varias generaciones de adultos cuyos huevos ya no tienen diapausa y eclosionan en 15 días, lo que aumenta la densidad poblacional en el campo.

Según CENGICAÑA cuando empieza la época de lluvia es necesario iniciar los monitoreos de ninfas y adultos, ya sea mediante el uso de trampas amarillas adhesivas en el contorno de los campos, o con el muestreo visual utilizando las macollas como unidades de observación.

Para el control de chinche salivosa lo realiza en los meses de mayo y diciembre se aplica el insecticida Jade con una dosis de 15.71 kg/ha.

En gallina ciega actualmente no se tiene problemas de esta plaga en la finca ya que esta plaga se da mayormente en la época lluviosa. El control de la gallina ciega solamente lo realizan al momento de la siembra y en caña soca por lo general no lo controlan, el control se realiza en forma química con terbufost y agrofost.

El control químico en caña soca es recomendable cuando las poblaciones de gallina ciega sobrepasan el umbral de acción de 10 larvas/m² y la aplicación debe realizarse entre junio y julio.

Otras de las plagas con los que la finca “El Rosario” actualmente tienen inconvenientes es con la taltuza en el lote “El Limonar”, la cual no se ha podido controlar, en la siguiente figura se observa los montículos y el daño que causa en la raíz de la caña.



Figura 4: Montículo y muerte de tallos de la caña de azúcar
Fuente: Autor (2015)

Por lo cual se llevó a cabo un conteo en el lote Limonar que tiene un área de 0.99 ha de los montículos para determinar el nivel de infestación, el cual se observaron y se contaron 40 montículos frescos por lo cual se puede decir que el nivel de infestación es severo.

e. Manejo hidrico

En la finca El Rosario actualmente no realiza ningun tipo de riego para el cultivo de caña de azucar, debido a problemas economicos y por la falta de organización para realizar un diseño de sistema de riego, con la ventaja de contar con tres rios (Cameya, Zincama y Los Ajos) en la finca.

2.8 Agroecosistema del hule (*Hevea brasiliensis*)

2.8.1 Clon establecido en finca “El Rosario”

En la finca “El Rosario” el clon establecido es el PB-255, este es un clon el cual se desarrolla con vigorosidad en suelos profundos, sin horizonte duro, buen drenaje y friables.

Según ANACAFE (2006) los requerimientos ecológicos necesarios para clon de hule PB-255 son: precipitación pluvial: 2,000 a 4,000 mm anuales bien distribuida. Tierras ubicadas sobre los 200 a 600 msnm, La finca tiene una precipitación pluvial entre 3,000 a 4000 mm y está ubicada a una altura de 370 msnm, por lo cual se puede decir que el clon PB-255 se adapta a los requerimientos ecológicos de la finca.

Según ANACAFE (2006) el clon PB-255 es un clon de la costa sur y le llaman clon oriental, estos provienen esencialmente de la especie *Hevea brasiliensis*, por lo que generalmente tienen alto rendimiento en hule seco pero son susceptibles al tizón de la hoja.

Según Compagnon (1998); para que una plantación alcance la madurez se necesita un promedio de seis a siete años, una plantación llega a la madurez cuando por lo menos el 50 % de árboles tiene como mínimo 45 a 50 centímetros de perímetro o bien de 15 a 16 centímetros de diámetro, esta medida se realiza a una altura de 1.30 metros sobre el injerto de base, que sería a la altura del pecho. Lo que quiere decir que no es la edad del árbol la que se toma en cuenta, sino su desarrollo.

Actualmente el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) del clon PB-255 tiene una edad de 6 años por lo cual se tiene planificado realizar la apertura del panel de pica a mediano plazo, y después de realizar la medición de los árboles de hule para determinar si tiene como mínimo 45 a 50 centímetros de perímetro o bien de

15 a 16 centímetros de diámetro, entre el 61% y el 67% de árboles tienen las condiciones necesarias para la apertura del panel de pica.

2.8.2 Deshijes

Según Gremhule (2010) en la etapa inicial de desarrollo del injerto se debe tener cuidado con los hijos o brotes del patrón, ya que pueden desarrollarse, provocando de esta manera competencia con el injerto y en algunos casos la muerte o retraso en su crecimiento. El deshije sirve para estimular el desarrollo del brote central del injerto, que es el único que debe cuidarse en los primeros 2 años de desarrollo del cultivo.

En la finca “El Rosario” se hizo esta práctica hasta los tres años de establecido el cultivo, actualmente ya no se realiza debido que la plantación de hule tiene seis años de establecido.

2.8.3 Podas

En la finca El Rosario se realizan podas de equilibrio y de formación al cultivo de hule, las podas de equilibrio consisten en eliminar las ramas muy pesadas, esto se realiza en los meses de julio a octubre, esto lo hacen para prevenir daños por los vientos, ya que otros años se han caído varios árboles por el viento, por ende la finca no cuenta con el número de árboles vivos actualmente.

La poda de formación lo realiza la finca en el cultivo de hule la cual consiste en eliminar todas las ramas laterales, esta poda tiene como propósito que la planta tenga un fuste recto, sin ramificaciones y con un desarrollo uniforme.

Se debe de eliminar toda la ramificación lateral hasta una altura mínima de dos metros con cincuenta centímetros, desde este momento en adelante se puede permitir la ramificación para dar formación a una copa natural equilibrada y balanceada.

Esta poda no se le hace a todos los árboles en una misma época (seca o lluviosa) ya que si realiza esta poda a todos los árboles en una misma época se puede llegar a estresar la plantación o estar susceptible a enfermedades, por ende solamente el 50% de los árboles se poda en época seca y el otro 50% lo realizan en época lluviosa esto para evitar enfermedades en el cultivo, según Gremhule (2010).

2.8.4 Malezas y su control

En la finca “El Rosario” realizan el control de malezas en forma manual y químico Control de malezas forma manual y químico dos veces al año una en época seca y la otra en la época lluviosa. Entre las malezas que se han controlado son la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), zacate Johnson (*Sorghum halepense*), bejuco (*Ipomoea triloba*), flor amarilla (*Baltimora recta*), mozote (*Bidens pilosa*), zacatón (*Panicum maximun*), botoncillo (*Melampodium divaricatum*), en el control químico se utiliza glifosato alemán 535 cc por ton/ha y 2-4 D 178 cc por ton/ha, este último solo es para hoja ancha.

2.8.5 Fertilización

Las fertilizaciones en la finca “El Rosario” al cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) se realizan a inicio de la época lluviosa (mayo) con una aplicación de fertilizante completo de triple 15 (15-15-15, N-P-K) con una dosis de 1 lb/planta, y también se aplica urea (46%N) con una dosis de 1 lb/planta.

2.8.6 Enfermedades

Cuando la plantación de hule estaba en plantía la enfermedad que más afecto a la finca fue la muerte regresiva o también conocida como “die-back”, en la cual se tuvieron que podar los árboles, algunos se eliminaron, actualmente no han reportado problemas, respecto a esta enfermedad y según GREMHULE (2010) esta enfermedad se da hasta los 5 años edad.

Sin embargo existen otras enfermedades que le pueden causar daño al cultivo de hule en crecimiento con 6 años de edad de establecido, como el mal rosado

(*Corticium salmonicolor*) del cual Gremhule reporta que el clon PB 255 es susceptible a esta enfermedad, se realizó un muestreo para determinar la incidencia de esta enfermedad, como se observa en la figura 5.



Figura 5: Presencia del mal rosado (*Corticium salmonicolor*).
Fuente: Autor (2015)

Como se puede observar esta enfermedad tiene un 2% de incidencia en la sección del proyecto I, en cuanto a la sección del proyecto II no se observó esta enfermedad. El daño del mal rosado se da principalmente en los meses de agosto a noviembre

2.8.7 Riego

Para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) necesita riego hasta los 3 años de establecido, en la finca "El Rosario" los arboles tienen 6 años de establecido, por lo tanto ya no es necesario realizar riegos.

III. OBJETIVOS

GENERAL

Efectuar una caracterización de los suelos con fines de nutrición y riego a nivel de semidetalle en los cultivos caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*) en la finca El Rosario.

ESPECIFICOS

- Definir los límites a nivel de semidetalle de las unidades de suelos que presenten características físicas uniformes.
- Determinar las características físicas y químicas de los suelos a nivel semidetallado, con fines de fertilidad y manejo del agua de riego, para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*)
- Distribuir las características físicas, químicas y biológicas de suelos y riego en las áreas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*) de la finca El Rosario.
- Clasificar las áreas potenciales de riego con base a lo indicado por la United States Bureau of Reclamation (U.S.B.R.).
- Efectuar un plan de fertilidad y riego para los cultivos caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*) en la finca El Rosario.

IV. HIPOTESIS

Los factores edáficos inciden en el bajo rendimiento del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el crecimiento del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*).

Los factores edáficos no inciden al rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y crecimiento de hule (*Hevea brasiliensis*)

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales

- Azadón
- Barreno
- Bolsas de plástico
- Celular
- Coba
- Computadora
- Cubetas
- Etiqueta de identificación
- G.P.S.
- Guantes
- Hojas de papel bond tamaño carta
- Lapicero
- Lápiz
- Libreta de campo
- Machete
- Mapas
- Materiales e insumos de laboratorio
- Pala
- Pick-up
- Piocha
- Software ArcGIS

5.2 Humanos

- Estudiante E.P.S.
- Ingeniero en calidad de asesor
- Jornaleros

5.3 Metodología

La metodología utilizada para el levantamiento de suelos, corresponde a la propuesta por la Guía para la Descripción de Suelos (FAO) y el Sistema de Clasificación de Tierras para Riego del United States Bureau of Reclamation (U.S.B.R.) La metodología se fundamentó básicamente en el establecimiento de varias etapas o fases tales como:

Fase de gabinete

- Fase de gabinete preliminar
- Fase de gabinete para definir unidades de muestreo
- Fase de gabinete final

Fase de campo

- Fase de campo para la extracción de muestras en las unidades de muestreo.

Fase de laboratorio

- Esta fase fue realizada en el laboratorio “Ing. Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

5.4 Definición de los límites a nivel semidetalle de unidades de suelos que presenten características físicas uniformes.

5.4.1 Fase de gabinete preliminar

Consistió en recabar toda la información existente sobre el área de estudio, revisión de mapas, así como información bibliográfica de suelos.

En la finca el Rosario se tiene un área total de 60 Ha, las cuales 47 Ha. son cultivadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) son 13 Ha.

5.4.2 Fotointerpretación

Se descargo una fotografía aérea 2006 del mapa, sobre la cual se delimito la finca El Rosario y se generó el mapa de la finca, con esto se realizó una preclasificación

de suelos de acuerdo al color del suelo y la topografía, teniendo la preclasificación se procedió a definir las unidades de muestreo.

7.4.3 Fase de gabinete para definir unidades de muestreo

Por medio del software ArcGis se realizó una cuadrícula, la cual consiste en una cuadrícula sobre el mapa de la finca con medidas de 100 m de ancho y 100 m de largo, la cual fue útil para marcar sobre el mapa las unidades de muestreo.

Se realizó en cada clasificación una unidad de muestreo por cada kilómetro cuadrado (Km²) de la finca El Rosario.

5.5 Determinación de las características físicas y químicas de los suelos a nivel semidetallado, con fines de fertilidad y manejo del agua de riego, para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*)

5.5.1 Fase de campo

5.5.2 Delimitación de clases de suelo con fines nutricionales y riego

Durante el caminamiento se hicieron barrenamientos a manera de corroborar las observaciones efectuadas durante la hoja cartográfica. Al observar las diversas características del terreno chequeadas en el campo y los barrenamientos se delimitaron los polígonos. En la figura 8 se puede apreciar cómo se realizaron los barrenamientos.

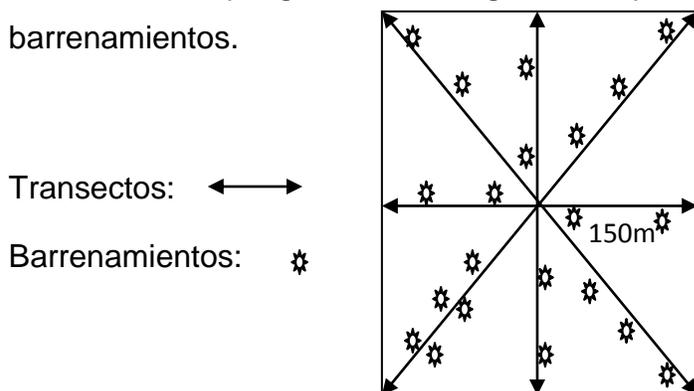


Figura 6: Distribución gráfica de los transectos para barrenamientos dentro de las unidades de manejo de la finca El Rosario

Fuente: Autor (2015)

5.5.3 Extracción de muestras en las unidades de muestreo

Teniendo las delimitaciones de los polígonos, se utilizó la cuadrícula “Grid” en el mapa de la finca para determinar el punto donde se realizaría la calicata para la toma de muestras.

Luego se ubicó en el campo el punto marcado en el mapa por medio del G.P.S. y se procedió a realizar las calicatas de 0.60 m de profundidad, 1 m de ancho y 1 m de largo en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) por la edad de establecido (6 años) y por el sistema radicular, se realizó la calicata de 1 m de profundidad, 1 m de ancho y 1 m

Luego se procedió a medir cada horizonte alcanzado en los 0.60 m de profundidad para el cultivo de caña de azúcar y para el cultivo de hule se midió cada horizonte en 1 m de profundidad.

Se extrajo un kilogramo de suelo por horizonte en bolsas plásticas, debidamente identificadas utilizando las etiquetas que se muestran en el cuadro 13 y posteriormente se transportaron hacia el laboratorio para su respectivo análisis (físico y químico).

Cuadro 13. Etiqueta de identificación de muestras de suelo que fueron enviados al laboratorio.

MUESTRAS DE SUELOS, CUNSUROC, USAC ESTUDIO DE SUELOS CON FINES NUTRICIONALES	
Finca:	
Localización:	
Cultivo Actual:	
Profundidad muestreo:	
Estrato:	
Medida Estrato:	
Color Estrato:	
Análisis	Físico: Capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente, textura. Químico: pH, materia orgánica, bases cambiables (Ca, Mg, P, K), Micro nutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn), CIC, Conductividad Eléctrica y %SB.
Observaciones:	

Fuente: Autor 2015

5.6 Fase de laboratorio

5.6.1 Análisis de suelos

Las muestras de suelos colectadas fueron analizadas en el laboratorio “Ing. Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- **Textura:** Método de Bouyoucos. Se determinó la clase textural del horizonte por el triángulo textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

- **Densidad aparente:** por el método de la probeta.

- **Capacidad de campo (1/3 atm) y Punto de Marchitez Permanente (15 atm):** Método de la olla de presión.

- **pH:** Por el potenciómetro.
- **Conductividad eléctrica (C.E.):** Por medio del conductivímetro.
- **Determinación de micronutrientes (Cu, Zn, Mg y Fe) de los suelos:** Método Carolina del Norte, solución de Mehlich 1 como extractante
- **Determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC):** Cloruro de Sodio 10 % (NaCL)
- **Bases intercambiables (Ca, Mg, P y K) de los suelos:** Empleado en acetato de amonio 1N.
- **Porcentaje de saturación de bases:** Suma de cationes en porcentaje con la CIC.
- **Materia orgánica:** Método de Walkley-Black modificado.

5.7 Distribución de la información de campo y laboratorio para generar los mapas de publicación basado en las características fisicoquímicas de suelos y riego en las áreas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*) de la finca El Rosario.

5.7.1 Fase de gabinete final

Una vez obtenidos los datos de campo y laboratorio, se procedió a realizar lo siguiente:

5.7.2 Descripción de perfiles: normas de la FAO

El perfil se describe en función de: la diferenciación de capas, textura, estructura, consistencia, color, profundidad, pH, cantidad de materia orgánica, pedregosidad. (FAO, 2006)

5.8 Cálculos previos al diseño del sistema de riego

5.8.1 Lámina de Humedad Aprovechable (LHA)

$$LHA = \frac{CC - PMP}{100} \times da \times Zr$$

Donde:

CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Da = Densidad aparente (g/cc)

Zr = Profundidad radicular (cm), se asume 60 cm para caña.

5.8.2 Lámina de Humedad Rápidamente Aprovechable (LHRA)

A la lámina neta de riego que se usa para diseñar un sistema de riego se le denomina la lámina de humedad rápidamente aprovechable (LHRA).

$$LHRA = LHA \times DPM$$

Dónde:

DPM = Déficit permitido de manejo. Se asume el 60% para el cultivo de caña de azúcar

5.8.3 Lámina Bruta (Lb)

Para este cálculo se utilizó el resultado obtenido de la lámina neta (Ln) y se aplica un porcentaje de eficiencia (Ef). Se utiliza la siguiente fórmula.

$$Lb = LHRA / Ef$$

Dónde:

Lb = Lámina bruta de riego

LHRA = Lámina de Humedad Rápidamente Aprovechable

Ef = Eficiencia (0.65)

5.8.4 Intervalo de riego de diseño (Ird)

Este dato también se puede tomar como la frecuencia de riego. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$Ir = LHRA / ETc$$

Dónde.

Ir = Intervalo mínimo de riego

LHRA = Lámina de Humedad Rápidamente Aprovechable

ETc = Evapotranspiración del cultivo

5.8.5 Evapotranspiración del cultivo (Etc)

Este parámetro se determinó al multiplicar la evapotranspiración potencial media del cultivo (Eto) en la etapa de iniciación, por el coeficiente de cultivo, Castro (2011).

Según Castro (2011), la demanda climática se determinó a través de la evapotranspiración de un cultivo de referencia (ETo), el cual es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. Los únicos factores que afectan la ETo son los parámetros climáticos.

Para describir de mejor manera lo anterior, en el siguiente cuadro se propone una serie de valores de Eto estimados a través del modelo de Penman-Monteith.

Cuadro 14: Valores de evapotranspiración potencial (ETo) promedio (mm) según etapas fenológicas, estratos altitudinales y tercios de zafra para las condiciones de la zona cañera guatemalteca.

Estrato	EF-1			EF-2			EF-3			EF-4		
	1/3	2/3	3/3	1/3	2/3	3/3	1/3	2/3	3/3	1/3	2/3	3/3
Alto	4.36	4.75	5.00	4.84	5.08		5.16		4.48		4.44	4.45
Medio	4.70	5.30	5.41	5.39	5.54		5.47		4.66		4.60	4.89
Bajo	4.76	5.13	5.74	5.29	5.75	5.69	5.82		4.88		4.83	4.79
Muy bajo	4.31	5.25	5.55	5.35	5.50	4.89	5.18		4.40		4.37	4.59
Litoral	4.51	5.03	5.55	5.14	5.48	5.10	5.28		4.57		4.65	4.63

Fuente: Castro (2011)

5.8.6 Coeficiente del cultivo

El cuadro 14, muestra distintos valores de Kc para la caña de azúcar en sus diferentes etapas fenológicas, considerando así la EF-1 (Iniciación); EF-2 (Macollamiento); EF-3 (Elongación fase I); EF-4 (Elongación fase II); EF-5 (Maduración). Esta investigación fue desarrollada por el especialista de riegos en CENGICAÑA y se fundamenta principalmente en las texturas de suelo de toda la zona cañera de Guatemala.

Al considerar que los suelos de las secciones evaluadas son franco-arcillosos y francos, y que el cultivo en la etapa de macollamiento, entonces se determina que el coeficiente de cultivo (K_c) a utilizarse en los cálculos es de 0.3 para suelos francos y para suelos franco-arcillosos es de 0.6.

5.8.7 Elaboración de mapas temáticos de suelos

Esto se realizó por medio del software ArcGis, en el cual se utiliza la aplicación de interpolación lineal, para realizar los mapas de los elementos esenciales como el fósforo y potasio, para realizar los mapas de distribución de esta misma, producción en toneladas por hectárea y la densidad aparente. Una vez seleccionados los datos se interpola sin respetar los límites de la finca.

En el aplicativo Arcmap se abrió la tabla de valores y se le asignó el sistema de coordenadas geográficas con la herramienta Display XY Data.

Luego en la aplicación ArcToolbox, se utilizó el método Spatial Analyst Tool, de la cual se utilizó la herramienta Interpolation.

Para obtener la interpolación dentro de los límites de la finca se procedió a utilizar la herramienta contenida en ArcToolbox, denominada Data Management tools, de la cual se utilizaron las herramientas Raster, Raster processing y su función Clip, donde se seleccionaron las coordenadas (X,Y) máximas y mínimas que marcan el límite de la finca, y con esto se tiene la interpolación solo dentro de la finca.

5.9 Clasificación de las áreas potenciales de riego con base a lo indicado por la United States Bureau of Reclamation (U.S.B.R).

Esta clasificación sirve para determinar si el área de la finca El Rosario es recomendable establecer un sistema de riego. Los datos a considerar para establecer la clase agrologica con fines de riego son los siguientes: Profundidad del suelo, textura, pendiente, drenaje, pH, erosión y la fertilidad.

La USBR establece seis clases agrologicas según su utilidad para la agricultura con riego:

Clase I

Es la tierra arable de excelente calidad. Tierra que produce importantes cosechas de frutas, hortalizas y productos de campo con alto rendimiento.

Clase II

Es buena tierra arable, pero el suelo tiene ligeras deficiencias pudiendo reducir su valor para plantas de raíces muy profundas.

Clase III

Comprende tierras arables de valor productivo más bajo por una o más deficiencias.

Clase IV

Estas tierras tienen marcadas diferencias de profundidad de suelo, pedregosidad y otros caracteres que las hacen de escaso valor para el riego. Ocasionalmente algo de la tierra se puede elevar a la clase III por medio de actividades de mejoramiento, tales como drenaje o corrección de alcalinidad.

Clase V

Estas tierras no son arables debido a su muy escasa profundidad del suelo, alta pedregosidad, alto contenido de sal o mal drenaje. Se les considera muy malos para la agricultura bajo riego.

Clase VI

Son tierras no arables debido a su topografía montañosa abrupta, dunas, estado pantanoso o muy elevada alcalinidad.

5.10 Efectuar un plan de fertilidad y riego para los cultivos caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*) en la finca El Rosario.

En base a los mapas impresos de las unidades de manejo, en cuanto a fertilidad, y riego.

Los criterios utilizados en los planes de manejo con fines de fertilidad son: la comparación de los resultados del laboratorio con los niveles críticos y rangos para la interpretación del análisis químico de suelos para el cultivo de la caña de azúcar, así como los requerimientos nutricionales del cultivo (criterios utilizados por Stoller).

Cuadro 15: Niveles críticos y rangos para interpretación de análisis químico de suelo para caña de azúcar.

		INTERPRETACIÓN
MO (%)	< 2.50	Bajo
	2.50 - 5.00	Medio
	> 7.00	Alto
P (ppm)	< 10	Bajo
	10 – 30	Medio
	> 30	Adecuado
K (ppm)	< 102	Bajo
	102 -- 140	Medio
	> 140	Adecuado
	Nivel Crítico Inferior	
Ca (Meq/100 g suelo)	4	
Mg (Meq/100 g suelo)	1	
Fe (ppm)	20	
Mn (ppm)	5	
Zn (ppm)	1	
Cu (ppm)	1	

Fuente: CENGICAÑA (2013).

Por lo cual, el plan de manejo para fertilidad, se baso en los niveles críticos que posee cada unidad de suelos y en función a los requerimientos nutricionales del cultivo de caña de azúcar y para el cultivo de hule.

Para el caso del manejo del agua de riego, el plan se basó en los siguientes factores; textura, estructura, densidad aparente, punto marchites permanente, capacidad de campo, infiltración básica, lámina de humedad aprovechable, lámina de humedad rápidamente aprovechable, lámina bruta y el intervalo de riego.

VI. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Fertilidad del suelo

Las características químicas, de cada unidad de manejo de la fertilidad del suelo, se detallan en el cuadro 16. Basándose en los niveles críticos y rangos para interpretación de análisis químico de suelos para caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), del laboratorio de FAUSAC y así determinar si los suelos de la finca El Rosario son altamente o medianamente fértiles.

Cuadro 16: Características químicas de cada unidad de manejo para interpretar la fertilidad del suelo

UNIDAD DE MANEJO	pH	Capacidad Intercambio Catiónico (Meq/100 gr Suelo)	VARIABLES									
			MACROELEMENTOS			MICROELEMENTOS						
			(%)	(ppm)		(Meq/100g suelo)			(ppm)			
		Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	
ALTAMENTE FÉRTILES	6-6.5	20-25	4 a 5	12 a 16	> 140	> 4	1.5-2	< 3	10 a 15	10 a 15	> 1	2 a 4
MEDIANAMENTE FÉRTILES	< 6	< 20	< 4	< 12	102. - 140.	< 4	< 1.5	3. - 9.	< 10	< 10	< 1	< 2

FUENTE: FAUSAC (2015)

Las recomendaciones para los macronutrientes de fósforo y potasio para la fertilidad del suelo para interpretación de análisis químico de suelos para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*), se muestran en el cuadro 17:

Cuadro 17: Recomendaciones de fertilización para el hule (*Hevea brasiliensis*)

Edad	Nitrógeno	P resina, mg/dm ³ **		K intercambiable, cmolc/dm ³ ***	
		0-12	>12	0-0.15	>0.15
Años	N, kg/ha	P ₂ O ₅ , kg/ha		K ₂ O, kg/ha	
2-3	40	40	20	40	20
4-6	60	60	30	60	30
7-15	60	50	30	60	30
>16	50	40	20	50	30

* Utilizar la mitad de la dosis al inicio de la época lluviosa y la otra mitad al final. Distribuir el fertilizante alrededor de los árboles
 ** mg/dm³ ≈ ppm
 *** cmolc/dm³ ≈ meq/100g

Fuente: Shorrocks (1965)

6.2 Descripción de perfiles y análisis físico-químico

6.2.1 Calicata 1

Reconocedor: Bruno Rodrigo González Robles

Elevación: 370 msnm

Profundidad efectiva: Profundo

Limitante a la profundidad: Ninguno

Drenaje externo: Rápido

Drenaje interno: Moderado

Grado de erosión: Leve

Relieve: Plano a ondulado suave

Pendiente: 0-3%

Pedregosidad superficial: Ligeramente

Uso actual: Caña de azúcar

Nivel freático: Profundo.

Área: Noroeste

Horizonte

Descripción del perfil

A ₁	0-27cm; suelos color café oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura franco arcilloso; estructura grano suelto; consistencia suave en seco, friable en húmedo; pH neutro; contenido medio de materia orgánica.
A ₂	27-60 cm; suelos color café amarillento oscuro (10 YR 4/6) en húmedo; textura arcillosa; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH neutro; contenido bajo de materia orgánica.

Cuadro 18. Características físicas y químicas del suelo. Pedón 1

Horizonte	A ₁	A ₂
Profundidad (cm)	0 – 27	27 – 60
Granulometría	% Arcilla	60.48
	% Limo	11.84
	% Arena	27.68
Textura	Franco Arcilloso	Arcilloso
Densidad aparente (gr/cc)	1.17	1.11
C.C. (%)	27.82	38.86
P.M.P. (%)	22.69	36.34
Estructura	Grano suelto	Masiva
pH	7.1	6.9
C.E. (ds/m)	0.0112	0.01025
Materia orgánica (%)	3.17	0.68
Contenido de fósforo "P" (ppm)	1.36	0.70
Contenido de potasio "K"(ppm)	58.64	85.8
Contenido de calcio "Ca" (Meq/100gr)	5.99	5.49
Contenido de magnesio "Mg" (Meq/100gr)	2.47	2.63
Contenido de sodio "Na" (Meq/100gr)	0.65	0.78
Contenido de cobre "Cu"(ppm)	2.5	4
Contenido de zinc "Zn" (ppm)	2.5	2
Contenido de hierro "Fe" (ppm)	2	37.5
Contenido de manganeso "Mn" (ppm)	14	11.5
C.I.C.	20.87	26.07
% S.B.	44.38	34.95

Fuente: Autor (2015)

6.2.2 Calicata 2

Reconocedor: Bruno Rodrigo González Robles

Elevación: 358 msnm

Profundidad efectiva: Profundo

Limitante a la profundidad: Ninguno

Drenaje externo: Rápido

Drenaje interno: Moderado

Grado de erosión: Leve

Relieve: Plano a ondulado suave

Pendiente: 0-3%

Pedregosidad superficial: Ligeramente

Uso actual: Caña de azúcar

Nivel freático: Profundo.

Área: Sur

Horizonte	Descripción del perfil
A ₁	0-25cm; suelos color café oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura franco arcilloso; estructura grano suelto; consistencia suave en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido medio de materia orgánica.
A ₂	25-60 cm; suelos color café (10 YR 5/3) en húmedo; textura arcillosa; estructura masiva; consistencia muy dura en seco, friable en húmedo; pH neutro; contenido bajo de materia orgánica.

Cuadro 19. Características físicas y químicas del suelo. Pedón 2

Horizonte		A ₁	A ₂
Profundidad (cm)		0 – 25	25 – 60
Granulometría	% Arcilla	31.67	65.27
	% Limo	25.96	13.36
	% Arena	42.38	21.38
Textura		Franco Arcilloso	Arcilloso
Densidad aparente (gr/cc)		1.25	1.08
C.C. (%)		24.12	45.04
P.M.P. (%)		20.49	43
Estructura		Grano suelto	Masiva
pH		6.5	6.8
C.E. (ds/m)		0.02925	0.00805
Materia orgánica (%)		3.06	0.38
Contenido de fósforo "P" (ppm)		1.14	0.61
Contenido de potasio "K" (ppm)		430.08	86.01
Contenido de calcio "Ca" (Meq/100gr)		6.49	5.49
Contenido de magnesio "Mg" (Meq/100gr)		3.04	2.38
Contenido de sodio "Na" (Meq/100gr)		0.17	0.78
Contenido de cobre "Cu" (ppm)		2.5	2
Contenido de zinc "Zn" (ppm)		3.	2
Contenido de hierro "Fe" (ppm)		25	36
Contenido de manganeso "Mn" (ppm)		27	7.5
C.I.C.		22.61	26.52
% S.B.		47.80	33.47

Fuente: Autor (2015)

6.2.3 Calicata 3

Reconocedor: Bruno Rodrigo González Robles

Elevación: 375 msnm

Profundidad efectiva: Profundo

Limitante a la profundidad: Ninguno

Drenaje externo: Rápido

Drenaje interno: Moderado

Grado de erosión: Leve a moderado

Relieve: plano a ondulado suave

Pendiente: 0-4%

Pedregosidad superficial: Moderadamente

Uso actual: Caña de azúcar

Nivel freático: Profundo

Área: Noreste

Horizonte	Descripción del perfil
A ₁	0-25cm; suelos color gris oscuro (10YR 4/1) en húmedo; textura franco; estructura grano suelto; consistencia suave en seco, friable en húmedo; pH neutro; contenido medio de materia orgánica.
A ₂	25-60 cm; suelos color café (10 YR 4/3) en húmedo; textura arcillosa; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH neutro; contenido bajo de materia orgánica.

Cuadro 20. Características físicas y químicas del suelo. Pedón 3

Horizonte	A ₁	A ₂
Profundidad (cm)	0 – 25	25-60
Granulometría	% Arcilla	27.47
	% Limo	28.06
	% Arena	44.48
Textura	Franco	Arcilloso
Densidad aparente (gr/cc)	1.14	1.17
C.C. (%)	30.23	35.67
P.M.P. (%)	24.76	30.04
Estructura	Grano suelto	Masiva
pH	6.6	6.9
C.E. (ds/m)	0.02055	0.0148
Materia orgánica (%)	3.99	0.60
Contenido de fósforo "P" (ppm)	2.04	0.67
Contenido de potasio "K" (ppm)	54.73	512.19
Contenido de calcio "Ca" (Meq/100gr)	5.74	3.74
Contenido de magnesio "Mg" (Meq/100gr)	2.14	3.33
Contenido de sodio "Na" (Meq/100gr)	0.37	0.27
Contenido de cobre "Cu" (ppm)	1	4
Contenido de zinc "Zn" (ppm)	1.50	0.50
Contenido de hierro "Fe" (ppm)	13	45.50
Contenido de manganeso "Mn" (ppm)	14.50	13.50
C.I.C.	22.61	24.35
% S.B.	37.11	35.53

Fuente: Autor (2015)

Según los resultados de laboratorio la textura de los suelos de la caña de azúcar son francos con un área de 13 Ha a franco arcilloso con un área de 29 Ha, por lo cual estos suelos son aptos para este cultivo, la densidad aparente en estos suelos son adecuados, como se puede observar en los seis horizontes de las tres calicatas con un promedio de 1.15 gr/cc, esto es por las arcillas que son altas, porque no ha habido arrastre de los suelos que afecte los horizontes, por lo cual también se observa en los porcentajes de humedad en el cual existe más en los horizontes inferiores que en los superiores, por ejemplo en la calicata 1 son de 27.82% horizonte superficial y 38.86% horizonte subyacente en 1/3 de atmósfera

y 22.69% horizonte superficial y 36.34% en el horizonte subyacente de 15 atmosferas, por lo cual hay mayor retención de humedad donde existe arcilla, por lo cual hay buena relación en los porcentajes de humedad.

Los suelos tienen un contenido bajo a medio de materia orgánica en los horizontes superficial y muy baja en los horizontes subyacentes, tanto en la calicata 1, 2 y 3, esto porque la materia orgánica se desarrolla más en los horizontes superficial y según Cengicaña es común encontrar contenido de materia orgánica media (3% a 5%) en los estratos altos (>300msnm), en suelos inceptisoles derivados de ceniza volcánica y especialmente con contenidos altos de arcillas.

En las calicatas 1,2 y 3 con uso de caña de azúcar se puede observar que los suelos muestran deficiencia de fósforo (P), en el cual este nutriente se encuentra retenido en el horizonte superficial por las arcillas, pero se tiene un nivel bajo (<12 ppm), según Cengicaña para caña soca con suelos inceptisoles y "P" bajo se debe realizar aplicaciones de 60 kg/ha de P_2O_5 para caña plantía y 25 kg/ha de P_2O_5 para caña soca. En la finca El Rosario se hace aplicaciones de 193 kg/ha de fosfato de amonio (P_2O_5).

Para el nutriente de potasio (K) se puede observar en los cuadros 18, 19 y 20, que se encuentra deficiente en los suelos de los horizontes de la calicata no. 1, en el horizonte inferior A_2 de la calicata no. 2 y en el horizonte superior A_1 de la calicata no.3 ya que tienen < 100 ppm. Se recomienda aplicar 60 kg de K_2O /ha cuando los niveles de K intercambiable del suelo son menores de 100 ppm.

En el horizonte superficial A_1 de la calicata 2 y en el horizonte subyacente A_2 de la calicata 3 tienen alto contenido de potasio (>300 ppm) por lo cual se recomienda ninguna aplicación ya que el exceso de potasio en las plantas incrementa el contenido de ceniza en el jugo de caña lo que causa problemas en la cristalización del azúcar en el proceso de fabricación. (Cengicaña 2013)

Según CENGICAÑA los suelos de la zona cañera de Guatemala se caracterizan por tener niveles adecuados de calcio (ca) intercambiable y los suelos que tienen niveles de Ca menores de 4.0 meq/100 g se consideran bajos. En los suelos de la finca El Rosario en la calicata 3 se observa diferencia ya que en el horizonte superficial se encuentra en aptas condiciones 5.74 Meq/100gr mientras que en el horizonte subyacente se tiene bajo contenido de calcio 3.74 Meq/100gr, mientras que en los horizontes de la calicata 1 y calicata 2 tienen niveles adecuados, según los resultados del laboratorio.

El magnesio (Mg) es un constituyente de la clorofila. Es importante en el movimiento de P en las plantas y participa en los procesos de respiración en los horizontes de los suelos de la finca cuenta con niveles adecuados de este nutriente, en el horizonte superficial (A_1) y subyacente (A_2) cuenta con 2.47 y 2.63 Meq/100gr respectivamente en la calicata 1, en la calicata 2 cuenta con 3.04 y 2.38 Meq/100gr en el horizonte superficial (A_1) y subyacente (A_2) respectivamente y en la calicata 3 en el horizonte superficial (A_1) y subyacente (A_2) se obtuvo 2.14 y 3.33 Meq/100gr.

El cobre (cu) para el cultivo de caña se encuentra en concentraciones aceptables según el cuadro 16 (2-4 ppm), solamente se obtuvo un poco deficiente en la calicata 3, que ocupa un 38% del área (18 ha), este desempeña funciones muy importantes como en la biosíntesis de la lignina, además es un componente del sistema de transporte de electrones en la fotosíntesis. (CENGICAÑA, 2013). En los horizontes superficiales existe menos cantidad que en los horizontes subyacentes como en las calicatas 1 y 2, esto pudo ser absorbido por las arcillas o por lixiviación.

Según CENGICAÑA el zinc (Zn) tiene relación con el pH, altos valores de pH es deficiente en algunas áreas cañeras y en los de textura arenosa, los resultados obtenidos demuestra que no existe deficiencia de este nutriente en los suelos de

la finca, pero se observa que existe menos cantidad de este elemento en la calicata 3.

El manganeso (Mn) se caracteriza principalmente es activador enzimático en varios procesos como en la respiración y fotosíntesis en la planta (CENGICAÑA 2013). Suelos donde el manganeso se encuentra elevado puede acidificar los suelos, esto con relación al pH como se puede observar en el horizonte superficial de la calicata 2 en donde el manganeso es de 27 ppm y un pH de 6.5, mientras que en las calicatas 1 y 3 se encuentra en rango adecuado según el cuadro 7 y esto se manifiesta con un pH neutro en estos horizontes.

En el hierro (Fe) según los resultados para la calicata 1 se obtuvo en el horizonte superficial se tiene 2 Ppm, en el horizonte subyacente se obtuvo 37.50 ppm, en la calicata no.2 se obtuvo en el horizonte superficial 25 ppm y 36 ppm en el horizonte subyacente y en la calicata 3 se obtuvieron 13 y 45.50 ppm en el horizonte superficial y subyacente respectivamente, el hierro se encuentra muy inestable por lo cual existen problemas porque se lixivia con facilidad, y se obtuvo deficiencia de este elemento en el horizonte superior de la calicata 1 (10 - 15 ppm).

El sodio (Na) se relaciona con la apertura y cierre de estomas, con el balance hídrico y con la actividad del potasio, en los resultados obtenidos del sodio se pudo observar que son más bajos en los horizontes de la calicata no. 2, este se encuentra en la parte baja de la finca El Rosario por lo cual el sodio es menor en las partes bajas por disolución y filtración, aun así se tienen niveles adecuados en los resultados obtenidos en el laboratorio (< 3 ppm).

El porcentaje de saturación de bases esta baja pero se tiene mayor concentración en las partes superficiales de los horizontes.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los suelos arcillosos por su naturaleza química tienen la capacidad de adsorción lo cual es una unión superficial de los iones que hay en la solución del suelo entonces esto le da mayor capacidad de intercambio, otro factor que ayuda al CIC es el pH ya que estos suelos son neutros tienen un alto porcentaje de iones calcio retenido, a pesar que el horizonte superficial de la calicata 2 tiene un pH moderadamente ácido de 6.5 y un valor CIC de 22.61 Meq/100gr, por lo cual es aceptable.

Debido a los niveles bajos de los macronutrientes en los suelos de la finca El Rosario, estos suelos son medianamente fértiles, debido a los resultados obtenidos en el laboratorio de la facultad de Agronomía como se observa en el cuadro 16.

6.2.4 Calicata 4

Reconocedor: Bruno Rodrigo González Robles

Elevación: 379 msnm

Profundidad efectiva: Profundo

Limitante a la profundidad: Ninguno

Grado de erosión: Leve a moderado

Relieve: Plano a ondulado suave

Pendiente: 0-3%

Pedregosidad superficial: Moderadamente

Uso actual: Hule

Nivel freático: Profundo

Área: Centro

Horizonte	Descripción del perfil
A ₁	0-35cm; suelos color negro (10YR 2/1) en húmedo; textura franco arenoso; estructura grano suelto; consistencia suave en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido alto de materia orgánica.
A ₂	35-100 cm; suelos color café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; textura arcillosa; estructura masiva; consistencia dura en seco, friable en húmedo; pH moderadamente ácido; contenido bajo de materia orgánica.

Cuadro 21. Características físicas y químicas del suelo. Pedón 4

Horizonte	A ₁	A ₂
Profundidad (cm)	0 - 35	35 – 100
Granulometría	% Arcilla	14.87
	% Limo	28.06
	% Arena	57.08
Textura	Franco arenoso	Arcilloso
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.05	1.21
C.C. (%)	31.30	25.22
P.M.P. (%)	24.03	23.55
Estructura	Grano suelto	Masiva
pH	6.3	6.5
C.E. (ds/m)	0.01665	0.0096
Materia orgánica (%)	7.13	0.61
Contenido de fósforo "P" (ppm)	0.69	0.58
Contenido de potasio "K" (ppm)	109.47	78.20
Contenido de calcio "Ca" (Meq/100gr)	6.99	4.49
Contenido de magnesio "Mg" (Meq/100gr)	1.97	2.06
Contenido de sodio "Na" (Meq/100gr)	0.42	0.52
Contenido de cobre "Cu" (ppm)	0.50	3
Contenido de zinc "Zn" (ppm)	2.50	0.50
Contenido de hierro "Fe" (ppm)	9	60
Contenido de manganeso "Mn" (ppm)	14	7.50
C.I.C.	30.43	33.04
% S.B.	31.74	22

Fuente: Autor (2015)

Como se puede observar en el cuadro 21 las características físicas químicas del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) tienen suelos de textura franco arenoso en el horizonte superficial (A₁) con una profundidad de 0-35 cm y suelos de textura arcilloso en el horizonte subyacente (A₂) con una profundidad de 35 – 100 cm, los suelos franco arenosos no son los adecuados para este cultivo puesto que la textura suelta no provee un anclaje firme a las raíces, aumentando la posibilidad de caída de árboles por los fuertes vientos.

Son suelos con presencia de pH moderadamente ácidos, esto se debe al constante lavado del suelo, dada la alta precipitación pluvial anual en la finca

(3000 - 4000 mm). El exceso de lluvias lixivia los cationes de la tierra, aumentando la proporción del Al^{3+} y H^+ en relación con otros cationes. La sombra que genera el cultivo de hule genera las condiciones para el crecimiento de malezas de hoja ancha y otras como la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) afectando las condiciones físico-químicas del suelo.

La alta materia orgánica en el horizonte superficial (7.13%), se debe a la hojarasca. Son suelos oscuros e influyen en una alta capacidad de intercambio catiónico (30.43 Meq/100gr). Se esperaba una baja CIC por ser franco arenoso. En el horizonte subyacente hay un bajo contenido de materia orgánica (0.61%), pero su alta capacidad de intercambio catiónico se explica pues es un suelo arcilloso que se caracteriza por su alta capacidad de adsorción, que es una unión superficial de los iones que hay en la solución del suelo.

La alta materia orgánica también influye en que se tenga un alto % de humedad ya que en el horizonte superficial se obtuvo 31.30% en 1/3 de atmosfera y 24.03% en 15 atmosferas y en el horizonte A_2 se obtuvo 25.22% en 1/3 atmosferas y 23.55% en 15 atmosferas, aunque se tiene baja M.O. pero está siendo retenido la humedad por las arcillas, por lo cual se tienen buen porcentaje de humedad.

Se ha mostrado que el caucho responde bien a la fertilización fosfatada, mientras que Bolton (1960), demostró que la respuesta se presenta cuando los contenidos de P en el suelo son menores a 12 ppm. Rosenquist (1960) encontró aumento de la producción de látex y del diámetro del tallo con la aplicación de abonos fosfatados. En la finca El Rosario se obtuvieron niveles bajos en el fosforo en los dos horizontes 0.69 y 0.58 ppm en el horizonte A_1 y horizonte A_2 , por lo cual para arboles de 6 años de establecimiento y con niveles de 0-12 ppm se recomienda aplicar 60 kg/ha de fosfato de amonio (18-46-0), esto ayudara aumentar el diámetro del tallo del árbol y aumento de la producción de látex.

En el potasio (K) se obtuvieron niveles adecuados para el cultivo de hule, aunque se recomienda aplicar 30 K₂O para niveles > de 0.15 Meq/100gr.

El K juega un papel importante en el metabolismo del caucho, pero la aplicación aislada no se traduce en incrementos notables en producción, sin embargo, la aplicación conjunta con otros elementos, principalmente N hace que las respuestas en rendimiento sean apreciables. (Valois, 1980).

En los resultados de laboratorio el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) se presentan en niveles adecuados para el cultivo de hule según el cuadro 16. Según Miranda et al, trabajos de investigación conducidos en Malasia han dado énfasis al efecto del magnesio (Mg) sobre la producción de látex, a pesar de que el calcio (Ca) es uno de los nutrientes extraídos en mayor cantidad por el caucho. El magnesio (Mg) es absorbido en menor cantidad que el calcio (Ca).

En el hierro (Fe) se obtuvo una gran diferencia del horizonte superficial con 9 ppm al horizonte Subyacente con 60 ppm, esto pudo haberse dado por lixiviación en el horizonte superior. Sin embargo para el cultivo de hule se puede observar que los niveles de hierro son adecuados. Este es un elemento importante para la clorofila.

Para el manganeso se puede decir que se encuentra a niveles normales en el horizonte superficial 14 ppm y en el horizonte subyacente con 7.5 Ppm por lo cual se puede observar un pH moderadamente ácido (6.3) en el horizonte superficial.

Para el cobre (Cu) los niveles obtenidos son bajos para el cultivo de hule de 6 años de establecido, en el zinc (Zn) se puede observar que tiene un nivel adecuado en el horizonte superficial (2.50 ppm), pero en el horizonte subyacente se puede observar un poco deficiente. (0.50 ppm). En suelos deficientes en Zn (contenido menor a 0.6 ppm) aplicar 5 g de Zn. Si existe disponibilidad, aplicar 20 litros de estiércol de corral descompuesto. (Valois, 1980).

6.2.5 Distribución de fósforo "P" (ppm) en finca El Rosario.

A continuación se presenta en la figura 7 un mapa de los niveles críticos del fósforo "P" (ppm) para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*).

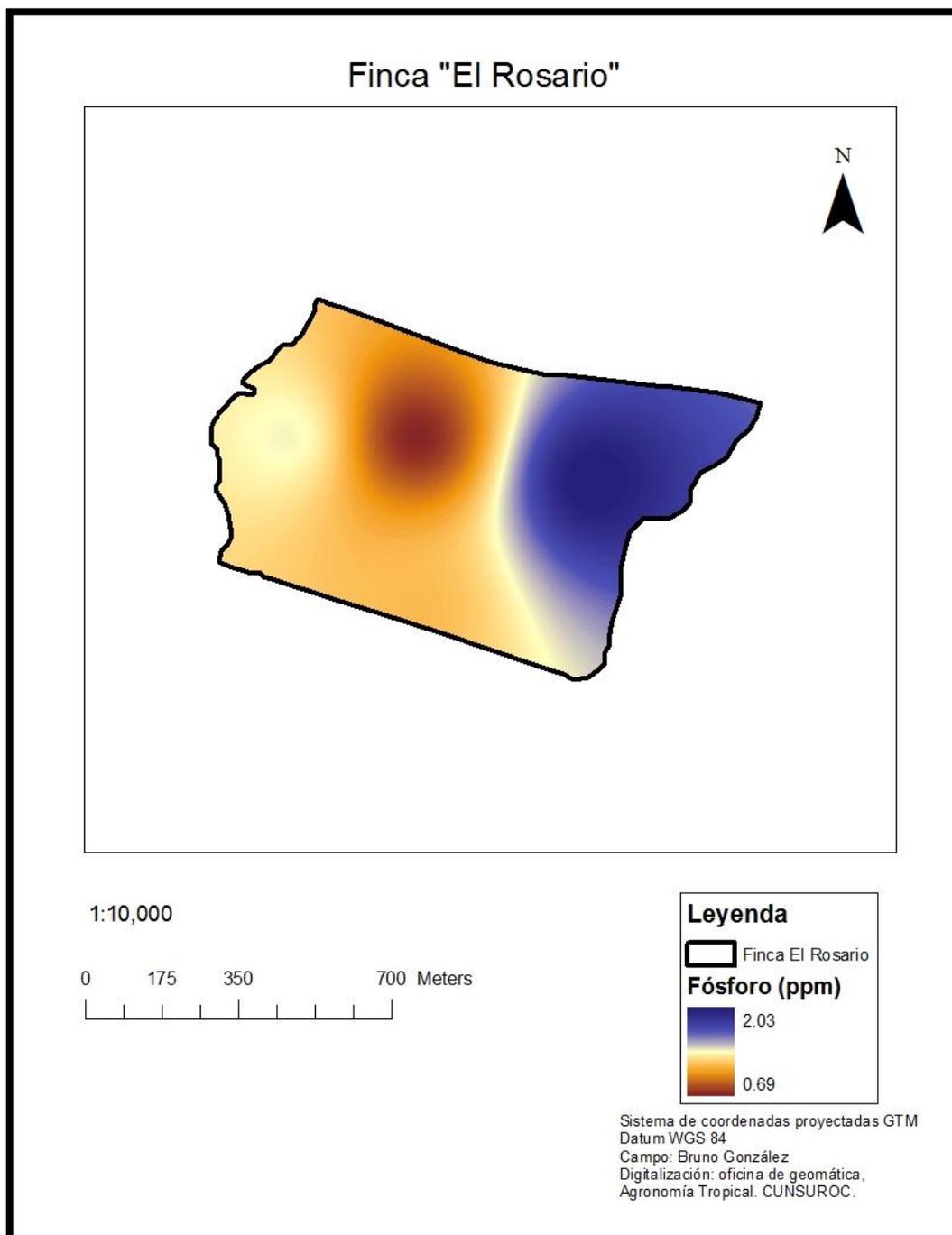


Figura 7: Distribución de fósforo "P" (ppm) en la finca El Rosario.
Fuente: Autor (2015)

Como se puede observar en el mapa de la figura 7 los niveles de fosforo en el suelo se encuentran bajos (<12 ppm) en toda el área de la finca. La dosis que se debe aplicar al cultivo de caña de azúcar en base a los requerimientos del cultivo y lo aportado del suelo es de 15 quintales/ha de fosfato de amonio doble (18-46-0) para la caña soca, esto elevaría los rendimientos en caña de azúcar en un promedio de 134 ton/ha. (Stoller, 2000).

Según (Shorrocks, 1965) para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) de 6 años de establecido se recomienda realizar aplicaciones de 3.8 lb/árbol de fosfato mono amónico (10-50-0) como se observa en la figura 7. Shorrocks recomienda aplicar la mitad de la dosis al inicio de la época lluviosa y la otra al final de la época lluviosa y distribuir el fertilizante alrededor de los árboles.

6.2.6 Distribución de “K” (ppm) en finca El Rosario.

En la figura 8 se presenta la distribución del nutriente potasio “K” (ppm) en la finca El Rosario, el cual va de un rango de 100 a 200 ppm para los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*).

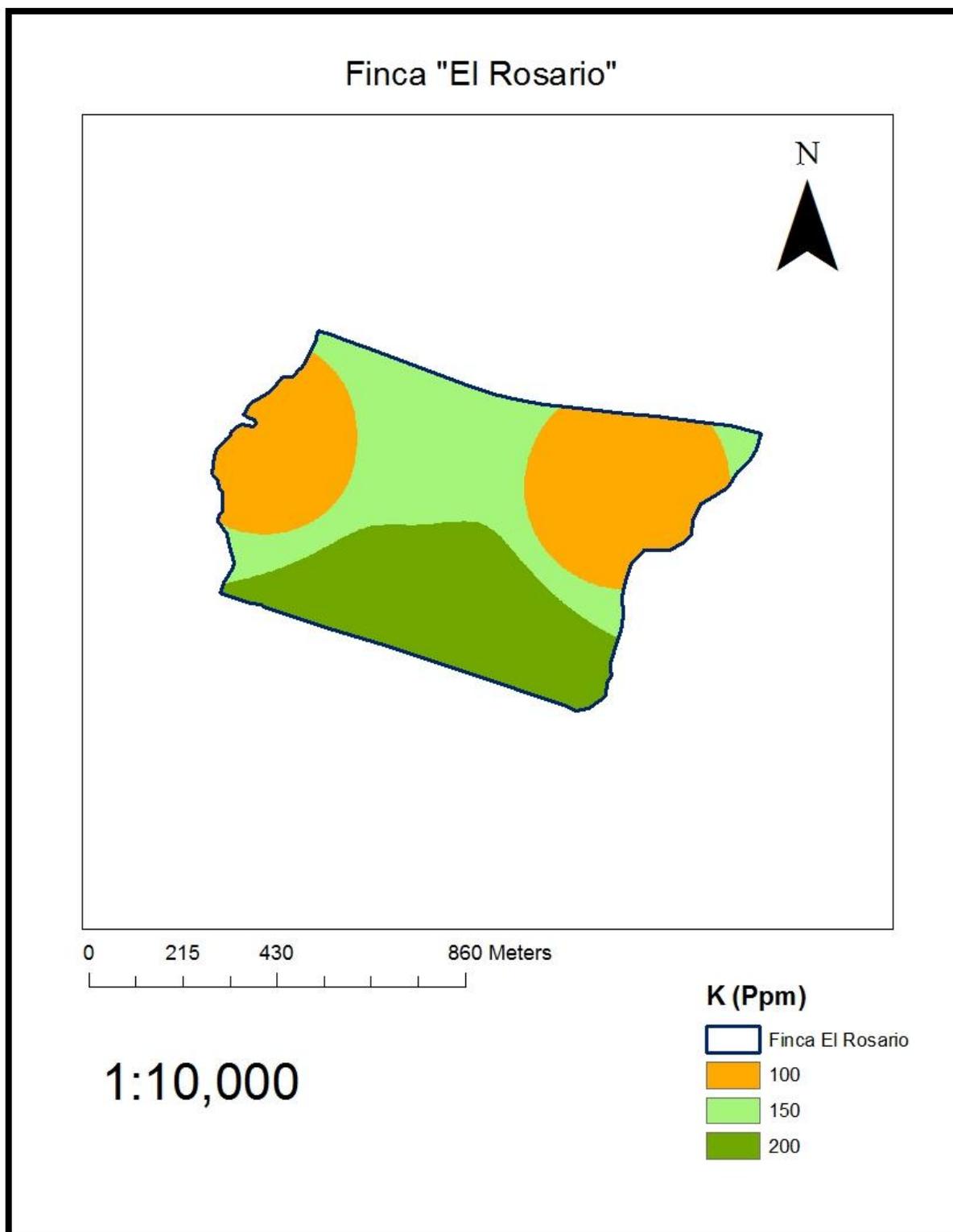


Figura 8: Niveles de potasio "K" (ppm) para caña de azúcar y hule en la fca. El Rosario
Fuente: Autor (2015)

Para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) los niveles de potasio "K" se encuentra en 150 ppm en el cual se encuentra en niveles adecuados para los arboles de 6 años de edad en un 100% del área (13 ha) de este cultivo.

Para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se puede observar en la figura 8 que existe áreas de la cual se tiene bajos niveles de potasio (<100 Ppm) en un área de 24 Ha lo cual comprende el 51% en dicho cultivo, la dosis necesaria aplicar en base a los requerimientos del cultivo y lo que aporta el suelo en esta área es de 71 kg/ha o 4 quintales de nitrato de potasio como se presenta en el cuadro

En suelos de 150 ppm o más de potasio en el suelo son niveles adecuados en el cual ya no se recomienda aplicar este nutriente, esta área comprende de 20 Ha, 43% del área donde se encuentra establecido el cultivo de caña de azúcar.

6.2.7 Producción (ton/ha) caña de azúcar en finca El Rosario.

A continuación se presenta en la figura 9 un mapa de los rendimientos en el cual brinda información de las toneladas por hectáreas de la cosecha anterior en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), solamente en el hule (*Hevea brasiliensis*) no existen datos de producción ya que aun no se ha iniciado con la explotación de los arboles.

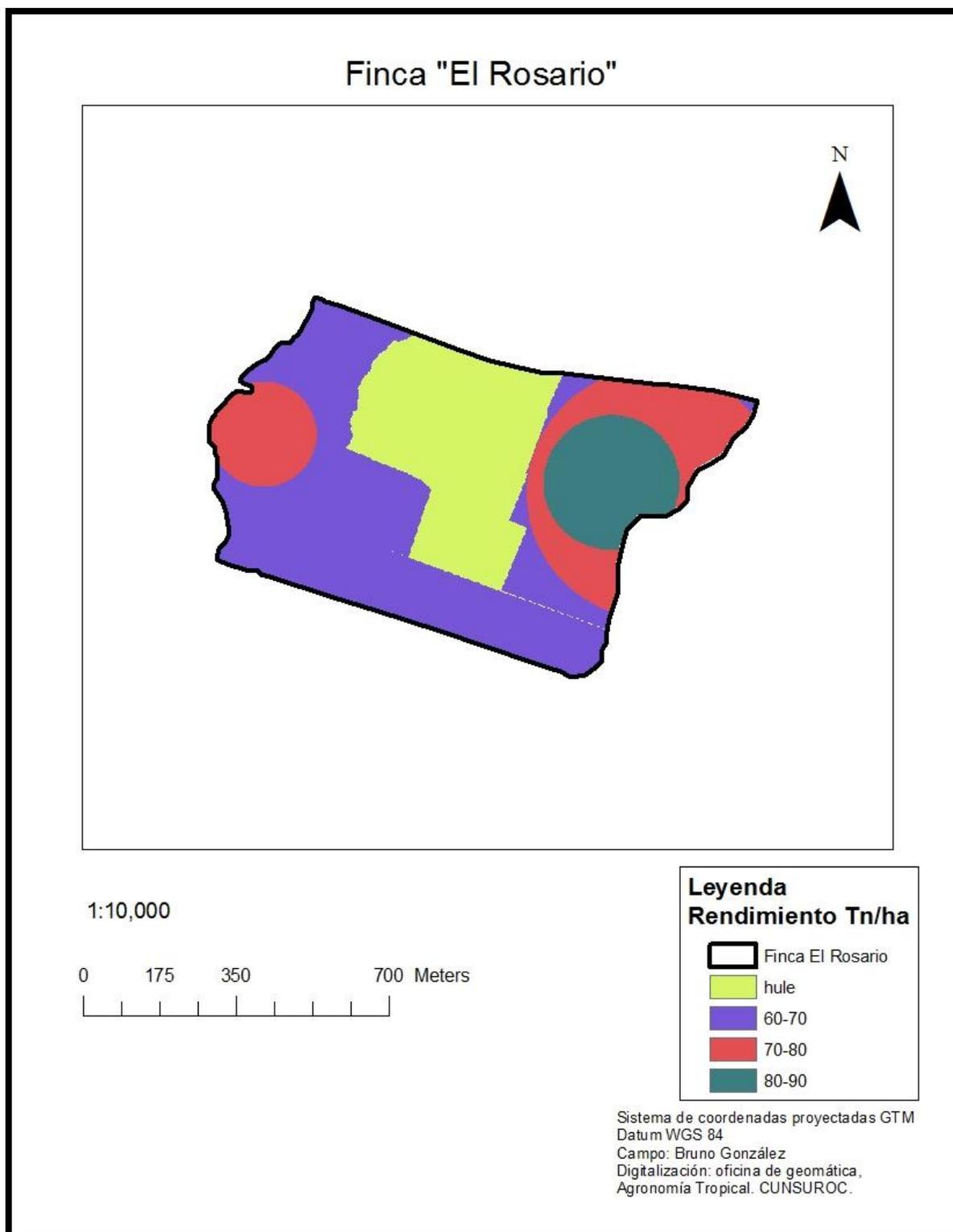


Figura 9: Tonelada por hectárea de caña de azúcar en finca El Rosario
Fuente: Autor (2015)

Según CENGICANA (2013) los altos rendimientos en la producción de caña son de 120 a 140 ton/ha, los intermedios de 100 a 120 ton/ha y los rendimientos bajos son menores a 100 t/ha. En el mapa de la figura 11 se puede observar que las mejores producciones se encuentran en 90 ton/ha y las producciones más bajas en 70 ton/ha, sin embargo son rendimientos bajos para el cultivo de caña de azúcar y esto se refleja con los resultados obtenidos, en el cual el fósforo se encuentra deficiente en el suelo, de igual forma el potasio se encuentra bajo, sin embargo en donde existe más bajos rendimientos se obtuvieron niveles adecuados de potasio, estas diferencias pueden ser por la competencia con las malezas.

Con referencia al cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) todavía se encuentra en su fase de desarrollo por lo cual no hay datos de producción.

6.3 CLASES DE TIERRA DE USO ACTUAL Y POTENCIAL CON FINES RIEGO

6.3.1 CLASE II

Los suelos de la Clase II con fines de riego por su uso potencial:

Los suelos de la Clase II de uso potencial son aptos para cultivos anuales, o de dos cosechas al año. Requieren prácticas de manejo como rotación de cultivos, fertilización, riego y drenaje.

Ocupan el 100% del área (60ha). Tienen la característica que poseen un relieve ondulado suave. Erosión leve a moderado en el cultivo de hule, de igual forma en el cultivo de caña de azúcar. Con presencia de malezas como la caminadora tanto en ambos cultivos. Con pedregosidad moderada en el cultivo de hule para la mecanización para el futuro en la recolección de chipa, en el cultivo de caña de azúcar son ligeramente a moderadas limitaciones a la mecanización por la formación de terrones al trabajar en húmedo y limitaciones ligeras de

pedregosidad, que no impiden en las labores de mecanización. Pendientes de 0 a 4%.

Para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) ya no es necesario realizar riego, ya que la edad de los arboles (6) y las condiciones climáticas para el cultivo son las adecuadas, con una precipitación pluvial entre 3,000 a 4,000 mm (GREMHULE, 2010), en la finca El Rosario no se realiza ningún tipo de riego debido a problemas financieros, en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), anteriormente se realizaba riego por gravedad, los ríos (cameya, Los Ajos y Zincama) que cuenta la finca se utilizaban para este tipo de riego. Son buenos terrenos para proyectos de riego, para el cultivo de caña de azúcar se recomendaría utilizar el riego por aspersión Este método es uno de los más versátiles ya que existen desde los sistemas más sencillos de baja presión y manuales hasta los más complicados de alta presión y totalmente automáticos. Originalmente el riego por aspersión fue utilizado como una manera de ahorrar agua y mano de obra, de utilizar tierras con topografía irregular y para mejor control del suministro de agua para riego. Se recomendaría realizar un estudio para diseñar el sistema de riego por aspersión, siempre y cuando la finca lo necesitara.

Las ventajas del riego por aspersión es la factibilidad de regar áreas que no pueden ser regadas; no hay necesidad de nivelación de tierras; prevención de escorrentía y de erosión; ahorro de agua; pueden usarse caudales pequeños; mayor superficie disponible al no construirse canales; ahorro de mano de obra; mejor aplicación de fertilizantes; control de malezas; mejor control de la humedad del suelo; menor tiempo para implementación. (CENGICAÑA, 2013)

6.4 Plan de Fertilidad para el cultivo de hule y caña de azúcar

6.4.1 Dosis

Cuadro 22: Requerimiento de fertilizante fosfatado necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área Noroeste de la finca El Rosario

Fosfato di amónico (DAP)	TOTAL
Requerimiento del cultivo	130 kg/ha
Aporta el suelo	10 kg/ha
Eficiencia del fertilizante	0.30
Necesario	400 kg/ha
Aplicado en finca	89 kg/ha
Necesario aplicar kg P ₂ O ₅	311 kg/ha
Necesario aplicar qq 18-46-0	15

Fuente: Autor (2015)

Cuadro 23: Requerimiento de fertilizante fosfatado necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área sur de la finca El Rosario.

Fosfato di amónico (DAP)	TOTAL
Requerimiento del cultivo	130 kg/ha
Aporta el suelo	8 kg/ha
Eficiencia del fertilizante	0.30
Necesario	407 kg/ha
Aplicado en finca	89 kg/ha
Necesario aplicar kg P ₂ O ₅	318
Necesario aplicar qq 18-46-0	15

Fuente: Autor (2015)

Cuadro 24: Requerimiento de fertilizante fosfatado necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área Noreste de la finca El Rosario.

Fosfato di amónico (DAP)	TOTAL
Requerimiento del cultivo	130 kg/ha
Aporta el suelo	13 kg/ha
Eficiencia del fertilizante	0.30
Dosis efectiva	390 kg/ha
Aplicado en finca	89 kg/ha
Necesario aplicar kg P ₂ O ₅	301 kg/ha
Necesario aplicar qq 18-46-0	15

Fuente: Autor (2015)

Como se puede observar en los cuadros 22, 23 y 24, se necesita aplicar 15 qq/ha del fosfato de amonio doble (P₂O₅) para cumplir con las necesidades de fósforo del cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 25: Requerimiento de fertilizante fosfatado necesario para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en el área central de la finca El Rosario

Fosfato Mono Amónico	TOTAL
Requerimiento del cultivo	145 kg/ha
Aporta el suelo	6 kg/ha
Eficiencia del fertilizante	0.30
Necesario	463 kg/ha
Aplicado en finca	37.5 kg/ha
Necesario aplicar kg P ₂ O ₅	425 kg/ha
Necesario aplicar qq 10-50-0	19

Fuente: Autor (2015)

Para el cultivo de hule es necesario aplicar 19 qq de fosfato (P₂O₅) para cubrir los requerimientos de fósforo (145 Kg/Ha) que requiere la plantación de hule.

Cuadro 26: Requerimiento de fertilizante potásico necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área Noroeste de la finca El Rosario

Nitrato de Potasio	TOTAL
Requerimiento del cultivo	244 kg/ha
Aporta el suelo	224 kg/ha
Eficiencia del fertilizante	0.0
Necesario	0 kg/ha
Aplicado en finca	0 kg/ha
Necesario aplicar kg K ₂ O	0
Necesario aplicar qq 13-0-46	0

Fuente: Autor (2015)

Cuadro 27: Requerimiento de fertilizante potásico necesario para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área Noreste de la finca El Rosario.

Nitrato de Potasio	TOTAL
Requerimiento del cultivo	244 kg/ha
Aporta el suelo	187 kg/ha
Eficiencia del fertilizante	0.80
Necesario	71 kg/ha
Aplicado en finca	0 kg/ha
Necesario aplicar kg K ₂ O	71 kg/ha
Necesario aplicar qq 13-0-46	4

Fuente: Autor (2015)

Para el cultivo de caña de azúcar, según los datos de laboratorio y los requerimientos del cultivo, únicamente en el área Noreste de la finca El Rosario es necesario aplicar el fertilizante potásico (13-0-46), con una dosis de 4 qq/ha.

Cuadro 28: Requerimiento de fertilizante potásico necesario para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en el área central de la finca El Rosario

Nitrato de Potasio	TOTAL
Requerimiento del cultivo	374 kg/ha
Aporta el suelo	484 kg/ha
Eficiencia del fertilizante	0.80
Necesario	0 kg/ha
Aplicado en finca	0 kg/ha
Necesario aplicar kg K ₂ O	0
Necesario aplicar qq 13-0-46	0

Fuente: Autor (2015)

Como se puede observa en el cuadro anterior, el área central de la finca donde se encuentra establecido el hule no es necesario aplicar fertilizante potásico (K₂O) ya que lo que aporta el suelo es apto para dicho cultivo.

6.4.2 Momento de aplicación

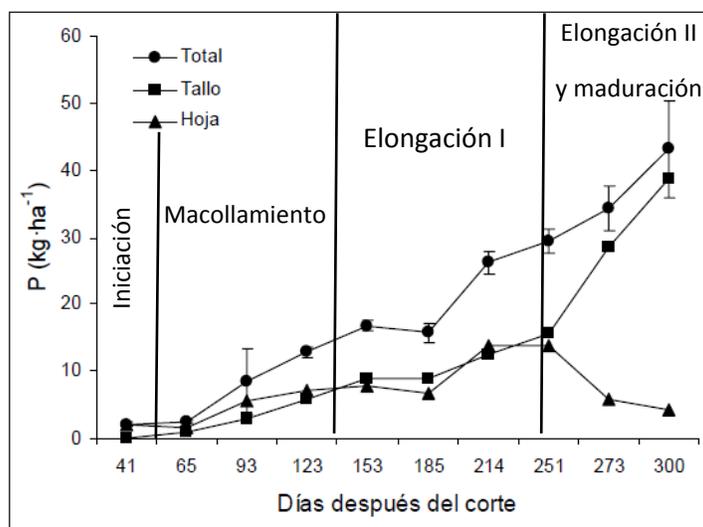


Figura 10. Acumulación de fósforo (P) en tallos y hojas caña de azúcar (kg/ha)
Fuente: Rengel (2004)

Según Rengel (2004) en el cultivo de caña de azúcar se experimentó una sostenida extracción de fósforo (P) durante casi todo el ciclo, en la figura 10 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. Por lo tanto en la finca El

Rosario la primera aplicación se tiene que realizar según el calendario de corte en el mes de mayo aplicando 7qq/Ha y la segunda aplicación en el mes de agosto aplicando 8 qq/Ha.

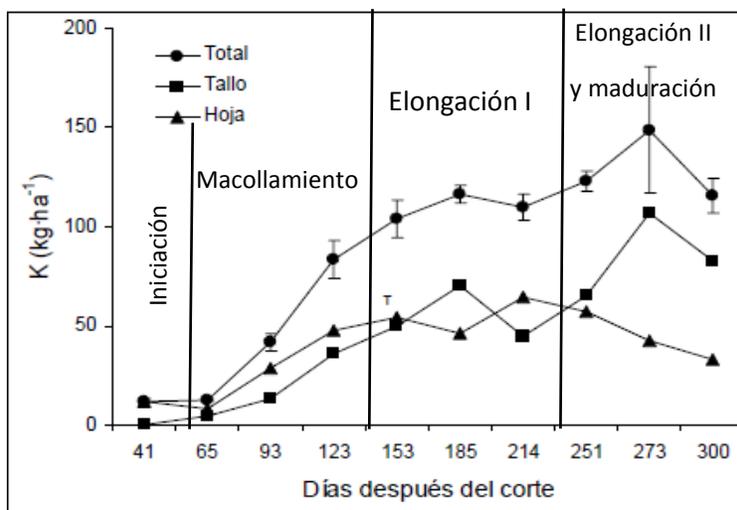


Figura 11. Acumulación de potasio (K) en tallos y hojas de caña de azúcar (kg/ha)
Fuente: Rengel (2004)

Según Rengel (2004), la mayor parte del potasio requerido por la caña de azúcar 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. En la finca El Rosario se distribuirá la aplicación en un 60% en la fase de iniciación a la fase de macollamiento (41 a 153 ddc) ya que esta fase demanda más potasio y el 40% se aplicaría 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 11.

Cuadro 29: Distribución de los fertilizantes fosfatos y potásicos para el cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la finca El Rosario.

Fertilizante	Cantidad/Ha (qq/Ha)	Momento de aplicación (ddc)
Fosfato di amónico (18-46-0)	7	65
	8	185
Nitrato de potasio (13-0-46)	3	41
	1	153
TOTAL	19	

Fuente: Autor (2015)

En el siguiente cuadro se puede observar que las aplicaciones de fosfato en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) se deben realizar al inicio de la época lluviosa y al final, se debe aplicar un total de 3.8 lb/árbol, en el cual la mitad se aplicara en el mes de mayo (1.9 lb/árbol) y la otra mitad en el mes de octubre.

Cuadro 30: Distribución del fertilizante fosfato para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en la finca El Rosario.

Fertilizante	Cantidad/Ha (qq/Ha)	Dosis/árbol (lb/árbol)	Momento de aplicación	
Fosfato Mono Amónico (10-50-0)	19	3.8	Mayo	Octubre

Fuente: Autor (2015)

Para la plantación de hule de 6 años de establecido se recomienda realizar las aplicaciones de fertilizantes al inicio de la época de lluvia y al final de la época lluviosa, aplicando la mitad de la dosis al inicio de la lluvia y la otra mitad al final del mismo, por lo tanto en el mes de mayo se tiene que aplicar 1.9 lb/árbol y de igual forma en el mes de octubre.

6.4.3 Forma de aplicación

En la finca El Rosario la aplicación de fertilizante se realizara en forma manual, al voleo para ambos cultivos, en los días mencionados en el cuadro 32. Según CENICAÑA (2006) el objetivo de la fertilización manual es adicionar fertilizante al suelo para complementar los requerimientos de nutrientes o suplir el déficit de ellos, con el fin de obtener una mejor productividad.

Según CENICAÑA (2006) para la fertilización el suelo debe tener una humedad superficial visible y sin presencia de encharcamientos ni malezas, se debe verificar que el fertilizante no esté compactado ni tenga terrones, constatar que la aplicación sea dirigida a la base de la planta.

Según Fernández (2016) para la aplicación de fertilizante en el cultivo caña de azúcar, un trabajador puede aplicar 6 qq/ha, en la finca se debe aplicar 15

quintales fosfato de amonio doble (18-46-0) y 4 quintales de nitrato de potasio (13-0-46) en total son 19 quintales, por lo tanto es necesario de 3 trabajadores para esta actividad.

Según Pérez (2016) para el cultivo de hule, cada persona puede aplicar hasta 300 árboles por día, en la finca se debe aplicar 1.9 lb/árbol, por lo cual se debe aplicar 6 quintales/día.

6.4.4 Costos de fertilización para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Cuadro 31: Costos de aplicación de fertilizantes para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Insumos	Costo unitario (Q.)	Cantidad	Costo/Ha (Q.)
Fosfato de amonio doble (18-46-0)	222.00	15	3330.00
Nitrato de potasio (13-0-46)	229.00	4	916.00
Mano de obra (Jornal)	81.00	3	243.00
Supervisor	208.30	1	208.30
Total			4697.30

Fuente: Autor (2015)

6.4.5 Relación Beneficio/Costo

Precio de la caña de azúcar/tonelada = Q. 166.00

Costo de cosecha/ tonelada = Q. 53.69

Toneladas adicionales (posible rendimiento)= 54 ton/ha

$$Q. 166.00 - Q. 53.69 = Q. 112.31$$

$$54 \times Q. 112.31 = Q. 6064.74 \text{ (Beneficio)}$$

$$Q. 6064.74/Q. 4697.3 = Q. 1.29$$

Esto quiere decir que por cada Q. 1.00 invertido, la finca ganará Q. 0.29 centavos

Cuadro 32: Costos de aplicación de fertilizantes para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*)

Insumos	Costo unitario (Q.)	Cantidad	Costo/Ha (Q.)
Fosfato Mono Amónico (10-50-0)	220.00	19	4180.00
Mano de obra (Jornal)	81.00	3	243.00
Supervisor	208.30	1	208.30
TOTAL			4631.30

Fuente: Autor (2015)

6.5 CÁLCULOS PREVIOS AL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

6.5.1 Velocidad de infiltración básica

Por medio del método del doble cilindro se determinó que para de la finca El Rosario, la velocidad de infiltración básica (Ib) es de 8.1 mm/hr en la sección Sur y Noroeste. Mientras que en la sección Noreste de la finca, la velocidad de infiltración básica (Ib) es de 13 mm/h.

6.5.2 Lámina de Humedad Aprovechable (LHA) en caña de azúcar

Para el cálculo de este parámetro, se utilizaron las características físicas del suelo (%C.C., %P.M.P., Da y Zr), es una lámina de agua (mm) que el suelo puede retener para uso de las plantas entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente. En la sección Noroeste y Sur es de 44.5 mm y en la sección Noreste es de 38.8 mm de agua.

6.5.3 Lámina de Humedad Rápidamente Aprovechable (LHRA) en caña de azúcar

La lamina neta de aplicación de agua es la cantidad de agua que debe ser aplicada durante el riego con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración. (Sandoval Illescas, 1989)

Para el cálculo de este parámetro se utilizó el dato de la L.H.A., así mismo se utilizó el 60% (0.60) del déficit permitido de manejo (D.P.M). Con esta información se logró determinar que la lámina de Humedad Rápidamente Aprovechable requerida en la sección Noroeste y Sur es de 26.70 mm y en la sección Noreste es de 23.30 mm de agua.

6.5.4 Lámina bruta (Lb) en caña de azúcar

En el cálculo de este parámetro se necesito del resultado de la L.H.R.A. y la eficiencia de aplicación al 65% (0.65). La lámina de agua bruta que se debe aplicar cuando el sistema de riego ya está en operación es de 41.07 mm en la sección Noroeste y Sur con textura de suelo Franco-arcilloso y 35.84 mm en la sección Noreste con textura de suelo Franco.

6.5.5 Evapotranspiración potencial

La Evapotranspiración potencial (Eto) se determinó en base a la investigación de Castro (2011), en donde se toma en cuenta que la finca El Rosario se encuentra en el estrato altitudinal alto (> 300msnm), la etapa fenológica del cultivo y el tercio de zafra de la misma (2/3); generando un valor promedio de Eto para la etapa de macollamiento de 5.08 mm.

Castro (2012) el valor del coeficiente del cultivo de caña de azúcar (Kc), el cual se determinó tomando en cuenta que la finca El Rosario posee suelos de textura franco es de 0.3 y para franco-arcillosos es de 0.6 y por la etapa fenológica del cultivo que en este caso sería en la etapa de macollamiento.

6.5.6 Intervalo de riego en caña de azúcar

Este parámetro se determinó al multiplicar la evapotranspiración potencial media del cultivo (Eto) en la etapa de macollamiento, por el coeficiente de cultivo y

dividiéndolo con la lamina de humedad rápidamente aprovechable, Castro (2012). El resultado fue haber determinado que específicamente para este tipo de suelos, la etapa fenológica y las condiciones ambientales, el intervalo mínimo entre riego es de 9 días. En la etapa de macollamiento (EF-2), se requiere mantener suficiente humedad en el suelo para lograr una mejor producción y también porque en los meses de la etapa de iniciación es una época seca ya que no llueve con frecuencia.

Los valores utilizados para el cálculo del intervalo de riego, solo se aplican a cultivos de caña que se encuentren en la etapa de macollamiento (EF-2), ya que esta etapa tiene una duración de 90 días, por lo que al llegar a la etapa de rápido crecimiento o elongación el intervalo de riego variará debido a los datos de evapotranspiración del cultivo.

6.5.7 Diseño Agronómico en el cultivo de caña de azúcar

En finca El Rosario el diseño agronómico se realizó para un sistema de riego por aspersión. En el cuadro se observan dos clasificaciones como resultados de los cálculos de acuerdo a las características físicas de los suelos del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Cuadro 33: Diseño agronómico en caña de azúcar de la finca El Rosario.

	Lámina de Humedad Aprovechable (mm)	Lámina de Humedad Rápidamente Aprovechable (mm)	Lámina bruta (mm)	Intervalo de riego de diseño (días)
A	44.5	26.7	41.07	9
B	38.8	23.28	35.81	16

Fuente: Autor (2015)

Se puede observar en el cuadro anterior que se obtuvieron dos clasificaciones de las cuales la clasificación "A" corresponde al área Noroeste y Sur, las cuales

tienen una textura de suelo franco-arcilloso, esto equivale al 61.70%, lo cual representa 29 ha, se obtuvo una infiltración básica de 8.1 mm/hr. La clasificación "B" corresponde al área Noreste, con textura de suelo franco, en un área de 18 ha, esto corresponde el 38.30%, se obtuvo una infiltración básica de 13 mm/hr. CENGICAÑA (2013) recomienda utilizar el sistema de riego por aspersión móvil tipo cañón, ya que es un sistema de riego con un mejor control de la humedad del suelo.

Proyectos realizados en el ingenio La Unión, se ha determinado que el costo de aplicación de un sistema de riego por aspersión móvil por hectárea es de Q. 342.70.

La densidad aparente es una propiedad del suelo de gran importancia para el diseño y operación de sistemas de riego debido a que es necesaria para calcular la cantidad de agua (lámina o volumen) a aplicar en un riego, es por esto que en la siguiente figura se presenta el mapa de los datos de densidad aparente.

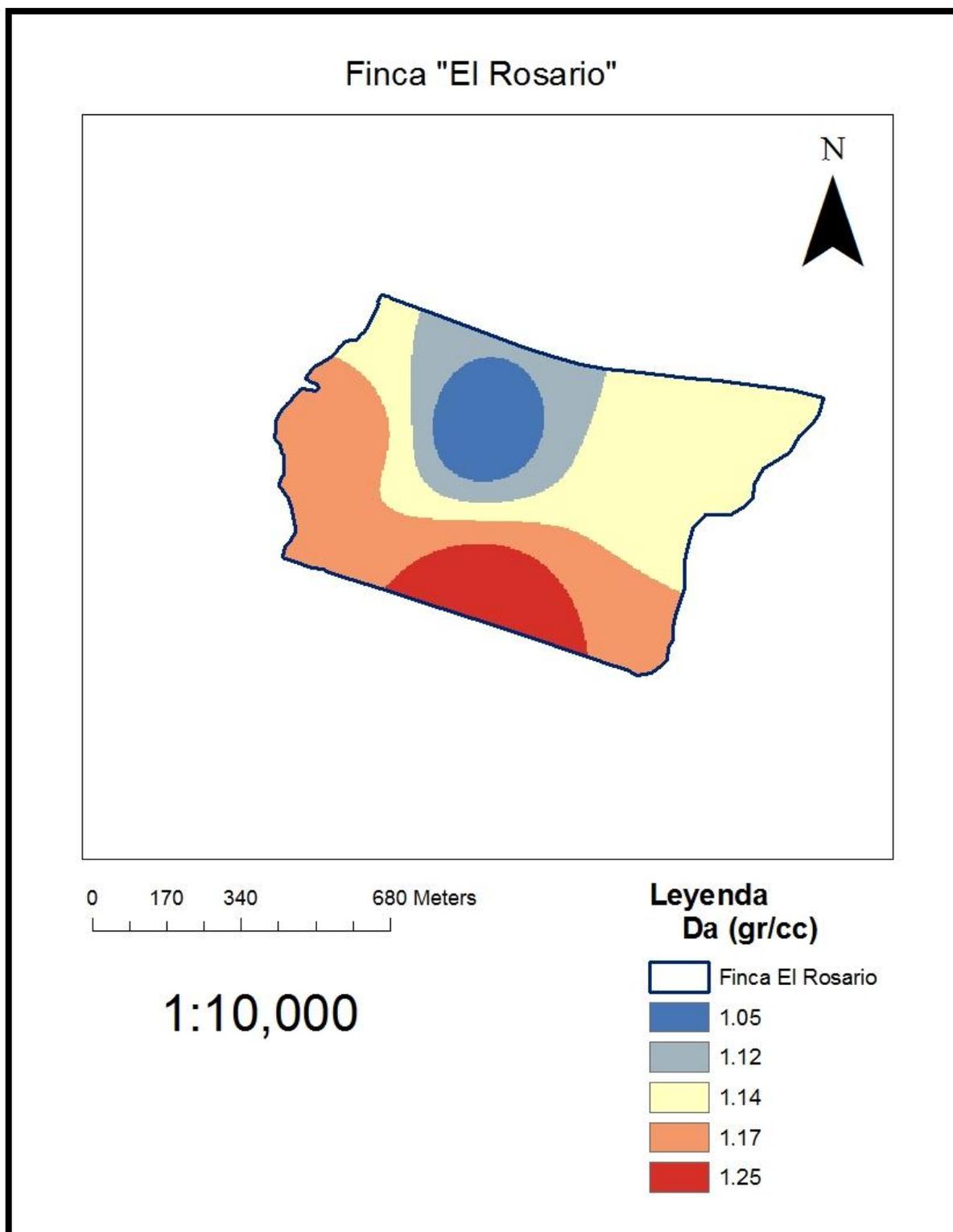


Figura 12: Densidad aparente en finca. El Rosario
Fuente: Autor (2015)

En la figura anterior se presenta los resultados obtenidos de la densidad aparente, en el cual los datos de 1.17 y 1.25 gr/cc corresponden al diseño agronómico "A", el manejo del agua se observa en el cuadro 33 y el área donde se obtuvo una densidad aparente de 1.14 gr/cc corresponde al diseño agronómico "B" y el manejo del agua se muestra en el cuadro 33.

VII. CONCLUSIONES

1. En el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se obtuvieron suelos de textura franco arcilloso a arcillosos en un área de 29 Ha. y suelos francos a arcillosos en un área de 18 Ha. Son suelos aptos para dicho cultivo y con mayor retención de humedad en las arcillas.
2. En el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) los suelos tienen textura franco arenosa a arcillosa en 13 Ha.
3. La textura franco arenosa de un suelo no permite un buen anclaje de las raíces por lo cual los arboles tienen más probabilidades de caer cuando existen fuertes vientos.
4. En el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se determinó que el horizonte superior tiene un nivel bajo de materia orgánica (3% - 4%), esto muestra confluencia con el rango de materia orgánica de los Inceptisoles el cual se encuentra en el mismo rango
5. En el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) se obtuvo un alto contenido de materia orgánica (> 7%) en el horizonte superior y muy bajo en el horizonte inferior (0.61%).
6. En el horizonte superior del cultivo de hule se obtuvo una alta Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.).
7. Uno de los factores porque se tienen rendimientos bajos en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) son los nutrientes fosforo "P" y potasio "K" pues tienen niveles bajos (< 12 ppm y < 0.27 meq/100gr respectivamente).
8. En el cultivo caña de azúcar el 51% del área (24 Ha) se encuentra deficiente el potasio, mientras que el fosforo en el suelo se obtuvieron niveles bajos en el 100% del área (47 Ha).
9. En el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) con 6 años de establecimiento es deficiente el fosforo (P) en el 100% del área (13 Ha).
10. El diámetro del tallo de hule no se encuentra uniforme, mientras que en el potasio (K_2O) se obtuvieron niveles adecuados para este cultivo (> 374 kg/Ha).

11. Los microelementos como el calcio, magnesio, sodio, cobre, zinc se encuentran en niveles adecuados de fertilidad para la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). De igual forma para el cultivo de hule, se encuentra en niveles adecuados los micronutrientes.
12. En cuanto al elemento manganeso (Mn) se observaron niveles altos del mismo en un 11% del área (7 Ha) del cultivo de caña de azúcar y esto se relaciona con un pH moderadamente ácido (6.5) que estos suelos presentan.
13. El hierro por ser un elemento que se lixivia con facilidad se obtuvo deficiencia (< 20 ppm), para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y de igual manera en el cultivo de hule se lixivió con facilidad, sin embargo los niveles de este elemento son adecuados.
14. La clasificación taxonómica de suelos para la finca El Rosario son inceptisoles. Esto se confirmó al haber obtenido un porcentaje de saturación de bases < 50%, texturas medias y francas sobre subsuelo arcilloso, ligeramente inclinado a ondulado, consistencias friables, estructuras más desarrolladas, suelos color café, peligro de erosión mediana y fertilidad natural baja.
15. La estructura masiva de los perfiles descritos causa un drenaje de moderado a lento.
16. Desde el punto de vista de los requerimientos del cultivo de la caña de azúcar, el área en estudio posee suelos moderadamente fértiles, debido a que en los resultados se obtuvieron áreas pobres en macronutrientes y en algunos micronutrientes.
17. En finca El Rosario existen suelos francos y francos-arcillosos, se determinó que el manejo del riego debería ser con 35.81 mm de lámina bruta a cada 16 días, en los suelos francos y en los suelos franco-arcillosos con 41.07 mm, de lámina bruta a cada 9 días.
18. La clasificación de los suelos con fines de riego es de la Clase II por su uso potencial, tanto para el cultivo de caña como hule.

19. Los costos para la aplicación de fertilizantes en caña de azúcar es de Q. 4697.30, con un beneficio Q.6064.74. Por cada quetzal invertido, la finca ganará Q.0.29 centavos.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Para el cultivo de caña de azúcar la dosis recomendada para fósforo “P”, es aplicar 15 quintales de fosfato de amonio doble (18-46-0) y 19 quintales de fosfato mono amónico (10-50-0) en el cultivo de hule
2. Para el potasio en el cultivo caña de azúcar se necesita aplicar 4 quintales de nitrato de potasio (13-0-46), en el área noreste, mientras que en el cultivo de hule no es necesario, ya que lo aportado en el suelo es suficiente.
3. Realizar la incorporación de materia orgánica, para el cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con la finalidad de mejorar la productividad del suelo.
4. En el área donde se obtuvieron datos altos de manganeso se debe realizar aplicaciones de cal o carbonato de potasio para elevar el pH y poder bajar este elemento (Mn) y así también el carbonato de potasio se podría utilizar como fertilizante
5. Realizar un programa de fertilización de fósforo y potasio en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) para elevar el pH, esto ayudara aumentar el diámetro del tallo de los árboles y para el próximo año aumentar la producción de látex.
6. Realizar programas de manejo de conservación de suelos para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) y en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con el fin de prevenir la erosión del suelo.
7. Evaluar el efecto de dosis de fertilizante fosfatado considerando la eficiencia del mismo.
8. Realizar control de malezas para ambos cultivos pues estas compiten por los nutrientes, espacio y agua en los suelos.
9. Realizar un diseño para el sistema de riego por aspersión para el cultivo de caña de azúcar.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFE (Asociación Nacional del Café) 2006. Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera. (En línea). Consultado 20/2/2015. Disponible: <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/2006-12/33/8/Cultivo%20de%20Hule.pdf>
2. Anderson, D.; Bowen, J. 1994. Nutrición de la caña de azúcar. Quito, EC., Instituto de Potasio y el Fósforo (INPOFOS). 40 p.
3. Bolton, J.; Shorrocks. V. M. 1961. Los efectos de la piedra caliza de magnesio y otros fertilizantes en una plantación madura de *Hevea brasiliensis*. Revista del Instituto de Investigación del Caucho de Malasia, Kuala Lumpur, MY., v. 17, p. 31-39.
4. Castro, O.R. 2012. La planificación del uso de la tecnología del riego con base a procesos: zona cañera de Guatemala. Especialista en riegos del Centro Guatemalteco de Investigación y capacitación de la caña de azúcar. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, GT. CENGICAÑA. 11p
5. CENGICAÑA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). 2013. Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, GT.
6. CIRAD. (1993). Colección de fichas de clones *Hevea*. cultura, perennes, servicio información y comunicación. Francia. 150 p.
7. Compagnon, P. 1998. El caucho natural, biología, cultivo producción. México, D.F. Departamentos de cultivos perennes. Consejo Mexicano de Hule. Gremial de Huleros de Guatemala. 701 p.
8. Comparini, S. 2006. Evaluación de variedades de Caña de azúcar (*Saccharum spp*) en El Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa. Trabajo de Graduación Ing. Agr. Guatemala, GT. USAC. F.A.
9. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2006. Guía para la descripción de suelos. Roma, IT.
10. Sácbaja, A. 2015. Laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana”. Guatemala, GT. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía.

11. Fernández, N. 2016. Información en fertilización del cultivo de caña de azúcar. (Entrevista personal). Administrador Ingenio Tulumá. Cuyotenango, Suchitepéquez, GT.
12. Gómez, A. 1,998. 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.
13. Gremhule (Gremial de huleros de Guatemala) 2010. Manual práctico 2010 de cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*). Guatemala, GT.
14. Hernández, O. 1992. Manual de Riego por Aspersión. Caracas, VE. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Colección Monografía 35. 139 p.
15. Holdridge, L. 1982. Ecología Basada en Zonas de Vida. Serie de libros y Materiales Educativos No. 34. San José, C. R. Edit. IICA. 216 p.
16. Humbert, R. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, D.F. Compañía Edit. Continental. 697 p.
17. Ingenio Risaralda. 2006. Guía para el control de calidad de los labores del cultivo de la caña de azúcar. Pereira, Risaralda, CO. Ingenio Risaralda S.A. 60 p.
18. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) 1991. Características morfológicas del cultivo caña de azúcar. (En línea). Consultado el 10/9/2015. Disponible: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/tec-cana.pdf>
19. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación) 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, GT. 44 p.
20. Orozco, H. et al 2004. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Guatemala, GT. CENGICANA. 40 p.
21. Palala, C. 2015. Información general del estado actual de los cultivos de la finca El Rosario. (Entrevista personal). Administrador de la finca El Rosario. Cuyotenango, Suchitepéquez, GT.

22. Pérez, B. 2016. Información en el cultivo de hule. (Entrevista personal). Administrador finca San José Nueva Granada. Río Bravo, Suchitepéquez, GT.
23. Rengel, 2004. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. (En línea). Consultado el 17/2/2016. Disponible en: <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev23%281%29/6.%20Crecimiento%20y%20din%C3%A1mica%20de%20acumulaci%C3%B3n.pdf>
24. Rosenquist. E. A. 1960. Investigación del caucho natural. Kuala Lumpur, MY. 81-88 p.
25. Sandoval Illescas, J.E. 1,989. Principio de Riego y Drenaje. Guatemala, GT. Universidad de San Carlos de Guatemala. 345 p.
26. Stoller de Centroamérica S.A. 2,000. Requerimientos nutricionales de varios cultivos en Kg/ha. Guatemala, GT.
27. Shorrocks, V. 1965. La nutrición mineral, el crecimiento y el ciclo de nutrientes del ciclo del Hevea brasiliensis. Crecimiento y el contenido nutricional. Diario de Hule. Kuala Lumpur, MY., Instituto de Investigación de Malasia. P. 31-47.
28. Simmons, C.S.; Tárano T., JM.; Pinto Z., J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, GT., Edit. José de Pineda Ibarra. 1000p.
29. Soil Survey Division 1965. Soil survey manual. United States Department of Agriculture. Handbook nº18, Washington D.C. Department of Agriculture, XIX. 437 p.
30. Tobias, H.A.1997. Guía para la descripción de Suelos. Guatemala, GT. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. P. 73.
31. USDA. Soil Survey Staff. 1995. Claves para la taxonomía de Suelos, versión 1998. Trad. Por Carlos A. Ortiz Solorio, Ma. del Carmen Gutiérrez y Jorge Luis García Rodríguez. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, MX.

32. USDA. (United State Departament of Agriculture) 1965. Manual de levantamiento de suelo, no. 18. Trad. Juan Castillo. Venezuela, VE. 646 P.
33. Valois, A. et al. 1980. La cultura del árbol de hule. Brasilia, BR., Edit. Diana Patricia Mora Rodríguez. 218 p. (Manual Técnico Hule).
34. Villatoro, B. et al. 2009. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la Costa Sur de Guatemala – Primera Aproximación -. En: Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2008-2009. Guatemala, GT. CENGICAÑA. P. 226-239.

Vo. Bo.



Lcda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria
CUNSUROC.



X. ANEXOS



Figura 13A: Muestra de suelo etiquetada para enviar al laboratorio.
Fuente: Autor (2015)

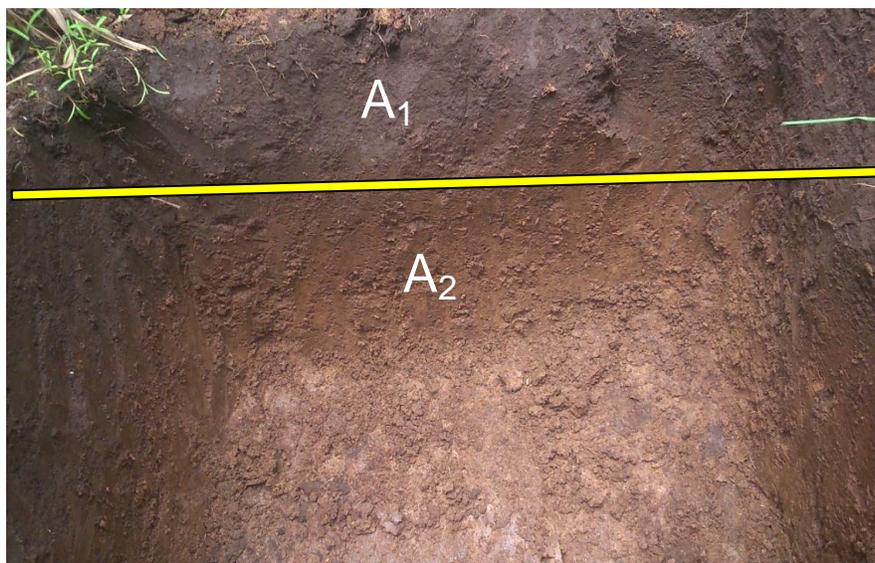


Figura 14A: Calicata 1, área Noroeste en el cultivo caña de azúcar.
Fuente: Autor (2015)

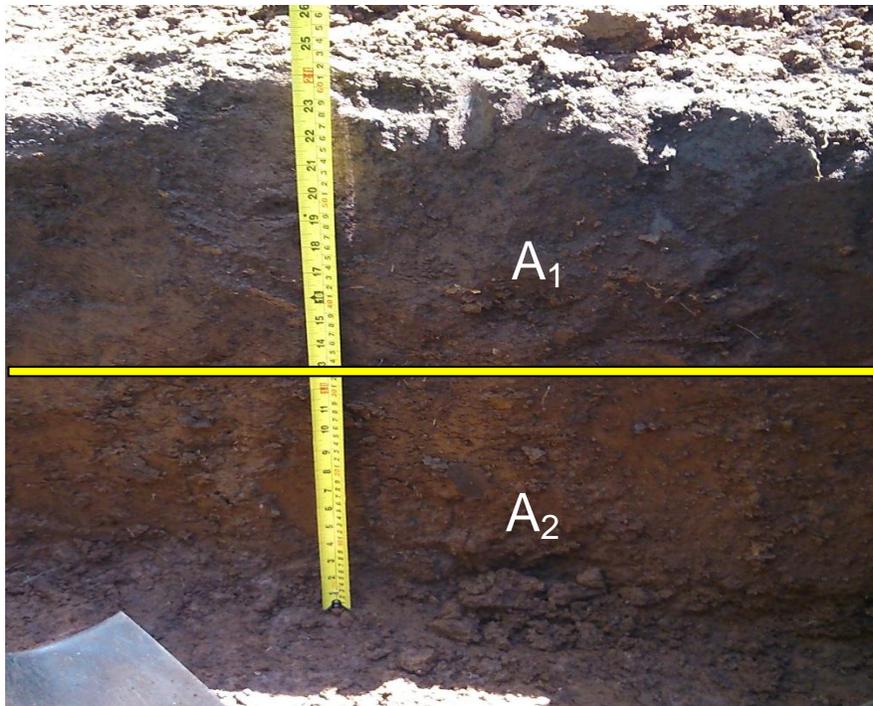


Figura 15A: Calicata 2, área Sur en el cultivo caña de azúcar
Fuente: Autor (2015)

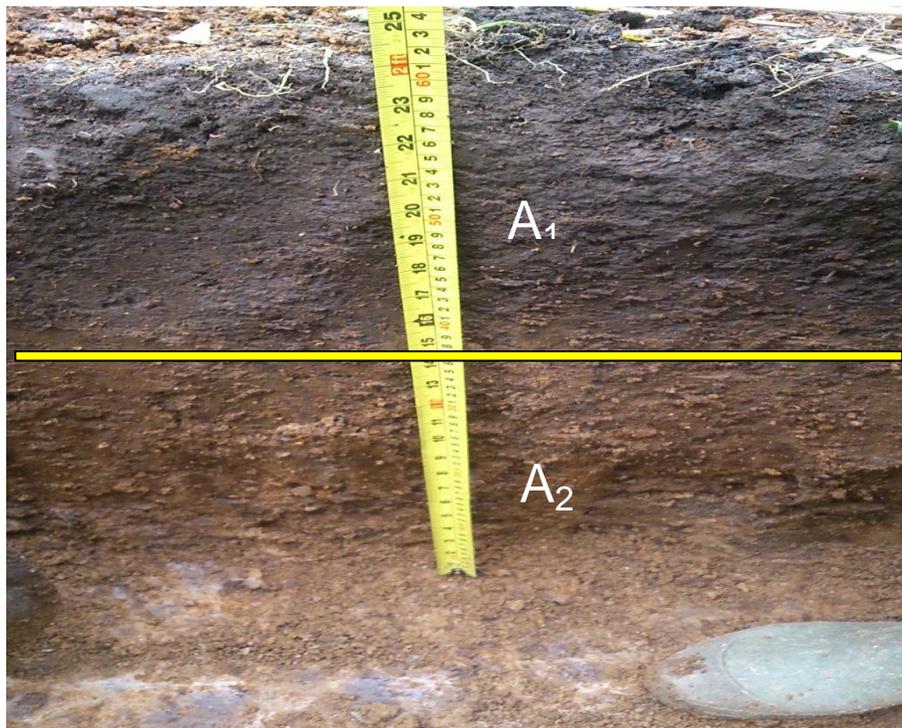


Figura 16A: Calicata 3, área Noreste en el cultivo de caña de azúcar
Fuente: Autor (2015)

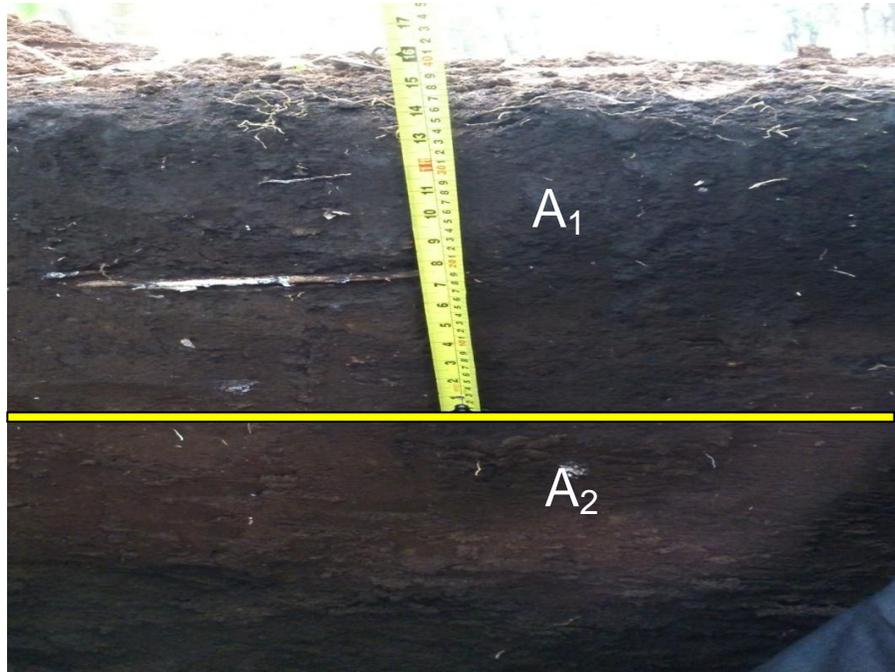


Figura 17A: Calicata en el cultivo de hule
Fuente: Autor (2015)



Figura 18A: Prueba de infiltración básica
Fuente: Autor (2015)

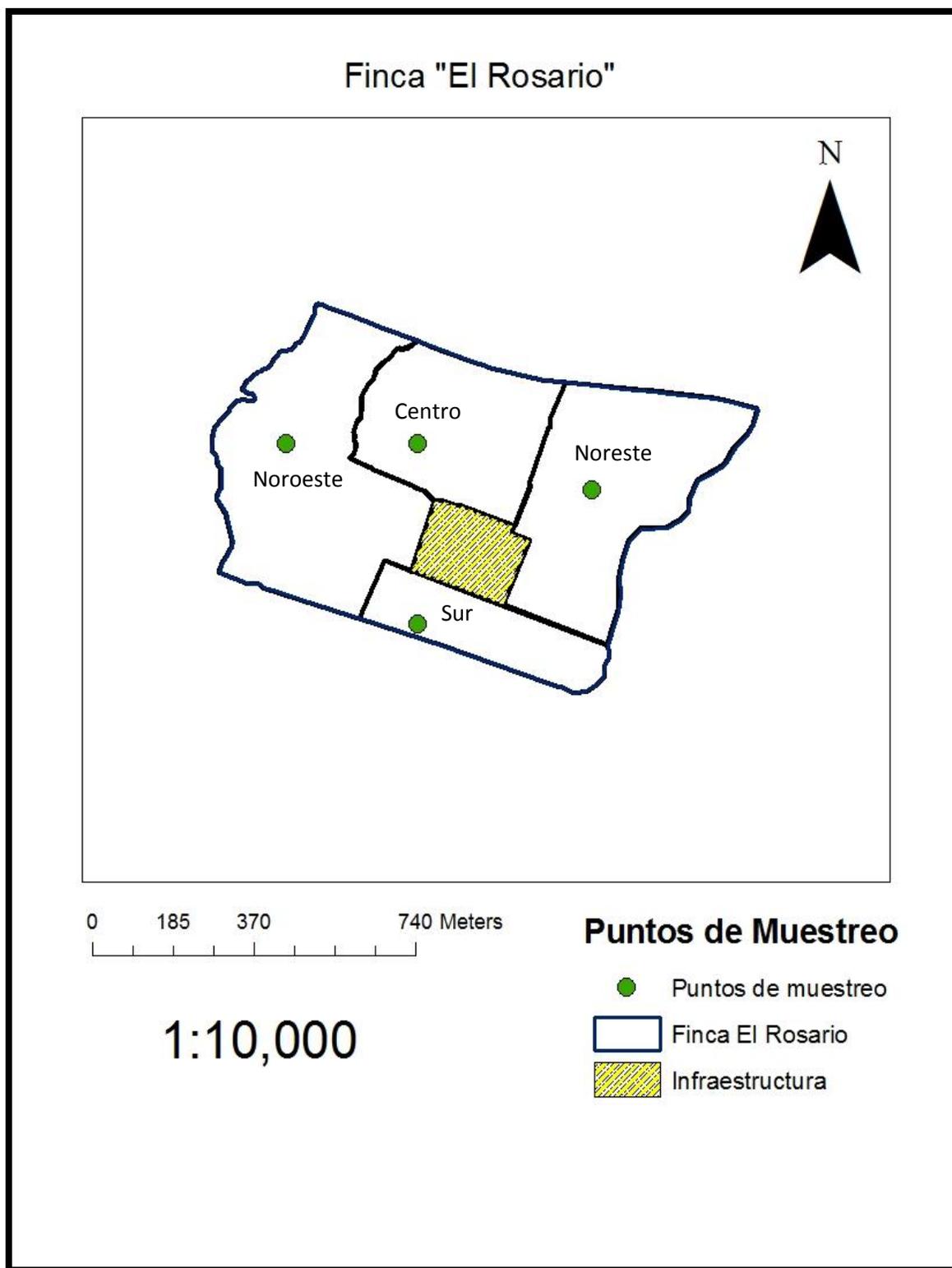


Figura 19A: Puntos de muestreo de suelos
Fuente: Autor (2015)

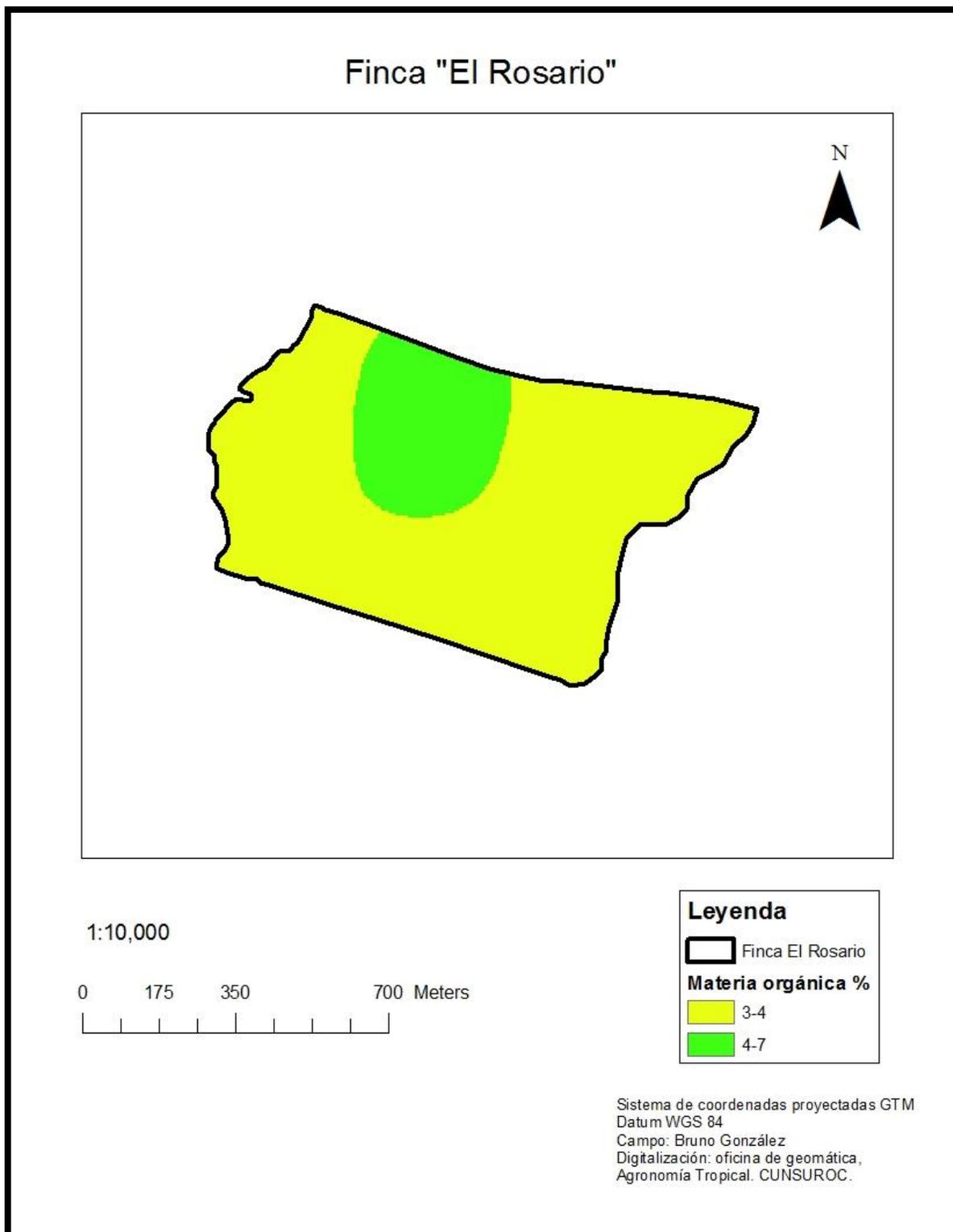


Figura 20A: Distribución de materia orgánica en finca El Rosario
Fuente: Autor (2015)



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

Mazatenango, mayo de 2016.

MSc. Jorge Rubén Sosof Vásquez
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable MSc. Jorge Sosof:

Por medio de la presente hacemos de su conocimiento que cumpliendo con el nombramiento que nos fuera asignado, hemos procedido a supervisar y asesorar el trabajo de graduación del estudiante: Bruno Rodrigo González Robles, carné: 201041870, el cual lleva por título: **Estudio de suelos con fines de nutrición y riego en los cultivos caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*), en finca El Rosario, Cuyotenango, Suchitepéquez.**

Luego del asesoramiento, supervisión y revisión del informe escrito, consideramos que el mismo llena los requisitos para continuar con los trámites correspondientes que rigen este centro universitario y firmamos la presente, dando fe de lo antes mencionado.

Sin nada más que agregar, nos suscribimos de su persona.

Atentamente;

Ing. Agr. Héctor Rubén Posadas Ruiz
Supervisor, Revisor
Carrera de Agronomía Tropical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



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

Mazatenango, mayo de 2016

MSc. Mirna Nineth Hernández Palma.
Directora Interina
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable, MSc. Mirna Nineth Hernández Palma:

Por medio de la presente, le informo que el estudiante: Bruno Rodrigo González Robles, Carné 201041870, de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **Estudio de suelos con fines de nutrición y riego en los cultivos caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y hule (*Hevea brasiliensis*), en finca El Rosario, Cuyotenango, Suchitepéquez.** El cual fue supervisado y revisado por el Ing. Agr. Héctor Rubén Posadas Ruiz, catedrático de la carrera de Agronomía Tropical.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante: Bruno Rodrigo González Robles, ha cumplido con el normativo del trabajo de graduación, razón por la cual someto a su consideración el documento para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin nada más que agregar, me suscribo de usted.

Atentamente,

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente
AGRONOMÍA

MSc. Jorge Rubén Sosof Vásquez
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CUNSUROC/USAC-I-27-2016

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE, Mazatenango,
Suchitepéquez, 20 de julio de dos mil dieciséis.-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:
“ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE NUTRICIÓN Y RIEGO EN LOS
CULTIVOS DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) Y HULE (*Hevea
brasiliensis*) EN FINCA EL ROSARIO, CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ”, del
estudiante: T.P.A. Bruno Rodrigo González Robles, carné 201041870 de la carrera
Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

MSC. MIRNA NINETH HERNÁNDEZ PALMA
DIRECTORA INTERINA

