


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a seated man in a crown, holding a book. Above him is a shield with a castle and a lion. The shield is supported by two figures. The seal is surrounded by the Latin text "UNIVERSITAS CONSPICUA CAROLINA AGRODINA COACTEMALENSIS INTER CETERAS".

**TAMAÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO Y DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN EL INGENIO MAGDALENA.**

**HEIDY JEANNINA BOTZOC YAT**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DEL 2015**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TAMAÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO Y DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA  
PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE  
AZÚCAR, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN EL INGENIO MAGDALENA.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

HEIDY JEANNINA BOTZOC YAT

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DEL 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO (en funciones)	Dr.	Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL PRIMERO	Dr.	Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc.	César Linneo García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr.	Josué Benjamín Boche López
VOCAL QUINTO	M Eh.	Rut Raquel Curruchich Cumez
SECRETARIO	Ing. Agr.	Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DEL 2015

Guatemala, Septiembre del 2015

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación realizado en tamaño de la unidad de muestreo y de la muestra representativa para la medición de variables de producción del cultivo de caña de azúcar, diagnóstico y servicios prestados en el ingenio Magdalena, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



---

Heidy Jeannina Botzoc Yat

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS:** Por ser el centro de mi vida, por protegerme y guiarme en todo momento, a lo largo de todo este proceso de aprendizaje. Gracias por las bendiciones recibidas.

**MIS ABUELOS:** Por su gran amor, por su ayuda, cuidados y por su apoyo incondicional. Desde el cielo siempre estuvieron presentes en cada momento de mi vida, guiándome por el camino correcto. Los amo.

**MIS PADRES:** Por ser mi ejemplo de vida, de sacrificio, de lucha, y por ser lo que más amo en este mundo. Que este triunfo sea una pequeña muestra de agradecimiento a todo el esfuerzo, sacrificio, paciencia y amor.

**MIS HERMANAS:** Evita, Jenny y apreciables cuñados mil gracias por el apoyo y comprensión brindada.

**MIS SOBRINOS:** Gabrielita, Omar, Kevin, Carlitos, Luis Enrique, Gustavo y Emerson por ser mi fuente de inspiración, mi fortaleza en todo momento, lo mejor que pudo existir como regalo de Dios nuestro señor.

**MI NOVIO:** Héctor Monterroso por estar en todo momento a mi lado y soportar mis malos y buenos momentos, gracias por el apoyo incondicional que me ha dado a lo largo de este proceso.

**MIS AMIGOS:** Al Gremio Porgustaceae, Carlos Cermeño, Gary Reynoso, Isabel Cabrera, Gaby Benavidez, Alejandro Catalán, Ing. José Luis Tuchan, Ing. Otto Castro, Jesús Rodríguez, Gustavo Rosal, gracias por su amistad y apoyo, que Dios los bendiga.

## TESIS QUE DEDICO

**A:**

DIOS,

VIRGEN DE GUADALUPE,

NUESTRO SEÑOR DE ESQUIPULAS,

MIS PADRES,

MI PATRIA GUATEMALA,

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

FACULTAD DE AGRONOMÍA,

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Departamento de Investigación Agrícola, al Ingeniero Edgar Rolando Solares por darme la oportunidad de haber realizado mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en dicha institución, por confiar en mi trabajo y ser ejemplo de superación en mi camino profesional.

A los Ingenieros Edgar Solares y José Luis Tuchan, por su apoyo y consejos a lo largo de mi EPS.

A mi asesor Ing. Agr. Marino Barrientos, por su amistad, su apoyo y confianza brindada durante todo este tiempo, que Dios lo bendiga.

A mi supervisor Dr. Marco Vinicio Fernández, por todo su apoyo, dedicación y tiempo brindado en el transcurso de mi EPS.

A mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida, mil gracias por los consejos tan sabios que me han dado y por el amor que me han brindado, bendiciones de nuestro señor.

A Héctor Monterroso, por su amor incondicional, por ser un ejemplo en mi vida, por ser bastión fundamental para el presente logro.

Al personal de Departamento de Investigación, por brindarme su amistad y apoyo en todo momento.





## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
CAPÍTULO I .....	1
DIAGNOSTICO .....	1
1.1 PRESENTACIÓN .....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL .....	3
1.2.1 Historia.....	5
1.2.2 División .....	5
1.2.3 Ecología .....	6
1.2.4 Condiciones climáticas.....	6
1.3 OBJETIVOS .....	8
1.3.1 General: .....	8
1.3.2 Específicos:.....	8
1.4 METODOLOGÍA .....	9
1.4.1 Fase de recolección de información primaria.....	9
1.4.2 Recopilación de información secundaria.....	10
1.4.3 Fase de campo .....	10
1.4.4 Fase de gabinete (análisis de información).....	11
1.5 RESULTADOS .....	12
1.5.1 Descripción y análisis del manejo actual del cultivo de caña de azúcar .....	12
1.5.2 Estructura organizacional y funcional .....	13
1.5.3 Análisis FODA.....	14
1.5.4 Jerarquización de la problemática .....	17
1.5.5 Principales problemas detectados en proceso de producción de la Administración Buganvilia.....	18
1.5.6 Resumen de la frecuencia en el análisis comparativo. ....	19
1.6 CONCLUSIONES.....	20
1.7 RECOMENDACIONES .....	21

1.8	BIBLIOGRAFÍA.....	22
CAPÍTULO II.....		26
2.1	PRESENTACIÓN.....	24
2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	25
2.3	MARCO TEÓRICO .....	26
2.3.1	MARCO CONCEPTUAL.....	26
2.3.2	MARCO REFERENCIAL .....	35
2.4	HIPÓTESIS.....	41
2.5	OBJETIVOS.....	42
2.5.1	General.....	42
2.5.2	Específicos .....	42
2.6	METODOLOGÍA .....	43
2.6.1	Área de muestreo .....	43
2.6.2	Establecimiento de puntos de muestreo y variables a medir.....	45
2.6.3	Resumen de muestreos de las variables evaluadas .....	50
2.6.4	Estimación de tamaño de la unidad de muestreo y tamaño de la muestra.....	51
2.7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	51
2.7.1	Tamaño de la unidad de muestreo .....	51
2.7.2	Calculo del tamaño de la muestra representativa.....	54
2.7.3	Resultados de cálculo del tamaño de la muestra .....	55
2.8	CONCLUSIONES .....	57
2.9	RECOMENDACIONES.....	58
2.10	BIBLIOGRAFÍA.....	59
CAPÍTULO III.....		61
3.1	PRESENTACIÓN.....	62
3.2	ÁREA DE INFLUENCIA .....	63
3.3	OBJETIVO GENERAL .....	64
3.4	EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CORTE Y ALCE .....	65
3.4.1	Definición del problema .....	65
3.4.2	Objetivos.....	66

3.4.3 Metodología .....	67
3.4.4 Análisis de la información .....	69
3.4.5 Resultados o evaluación .....	70
3.4.6 Metodología de muestreo .....	71
3.4.7 Indicadores de calidad .....	72
3.4.8 Determinación del Tamaño de Muestra .....	72
3.4.9 Validación Tamaño de Muestra .....	75
3.4.10 Determinación del número de muestras en 10 hectáreas .....	79
3.4.11 BIBLIOGRAFÍA.....	87
3.5 MAPEO DE SUELO .....	88
3.5.1 Definición del problema.....	88
3.5.2 Área de influencia .....	88
3.5.3 Objetivo.....	90
3.5.4 Metodología .....	91
3.5.5 Fotografías del proceso .....	108
3.5.6 Conclusiones .....	111
3.5.7 BIBLIOGRAFÍA .....	112

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 1: Profesionales entrevistados .....	10
Cuadro 2: Cuadro de fortalezas y debilidades. ....	12
Cuadro 3: Matriz comparativa .....	19
Cuadro 4: Resumen de frecuencias.....	19
Cuadro 5: Composición varietal del 80 % de la zafra 2014-2015 .....	37
Cuadro 6: Taxonomía de suelos de la zona cañera.....	40
Cuadro 7: Resumen de muestreos .....	50
Cuadro 8: Resumen del tamaño de unidad de muestreo.....	51
Cuadro 9: Resultados del cálculo del tamaño de la muestra para 10 hectáreas .....	55
Cuadro 10: Indicadores de calidad .....	72
Cuadro 11: Resumen de Variables de Perdidas en Corte y Alce.....	76
Cuadro 12: Número de muestras en 10 hectáreas .....	80
Cuadro 13: Resumen Primer Comparativo .....	81
Cuadro 14: Resumen Segundo Comparativo .....	81
Cuadro 15: Datos de Evaluación de Perdidas Corte y Alce .....	82
Cuadro 16: Resumen de pérdidas de corte y alce .....	82
Cuadro 17: Rangos permitidos según soluciones analíticas.....	95
Cuadro 18: Rangos Permitidos Según CENGICAÑA .....	96
Cuadro 19: Resultados de análisis físico de suelos.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1: Mapa de la República de Guatemala. ....	3
Figura 2: Mapa geográfico de Escuintla. ....	4
Figura 3: Mapa de Administración Buganvilia. ....	4
Figura 4: Diagrama de flujo del proceso de producción .....	13
Figura 5: Diagrama de la estructura organizativa .....	14
Figura 6: Listado de problemas detectados .....	18
Figura 7: Nudo y Entrenudo .....	27
Figura 8: Formas del entrenudo .....	27
Figura 9: Mapa de ubicación finca Buganvilia .....	35
Figura 10: Características agro morfológicas de la variedad MEX 79-431 .....	39
Figura 11: Mapa de la República de Guatemala .....	43
Figura 12: Mapa geográfico de Escuintla .....	44
Figura 13: Mapa de Administración Buganvilia .....	44
Figura 14: Mapa de ubicación de ensayos en finca Buganvilia .....	45
Figura 15: Representación de espacios vacíos .....	46
Figura 16: Representación del conteo de número de tallos .....	47
Figura 17: Representación de la medición de diámetro y longitud de entrenudos. ....	47
Figura 18: Representación de la toma de longitud del tallo .....	48
Figura 19: Representación del conteo de hojas. ....	48
Figura 20: Medición del área de la hoja TDV (última con el cuello visible) .....	49
Figura 21: Mapa geográfico de Escuintla. ....	63
Figura 22: Parámetros de pérdidas de caña por corte. ....	70
Figura 23: Factores de pérdida de caña por alce .....	71
Figura 24: Metodología de muestreo .....	71
Figura 25: Área de evaluación .....	72
Figura 26: Media de Tocón .....	73
Figura 27: Media Caña Picada .....	73

Figura 28: Media Chorra de Basura .....	74
Figura 29: Media caña entera .....	74
Figura 30: Media caña machucada .....	75
Figura 31: Media de Tocón .....	76
Figura 32: Media Caña Pegada .....	77
Figura 33: Media Caña Picada.....	77
Figura 34: Media Caña Basura .....	78
Figura 35: Media Caña Machucada .....	78
Figura 36: Media Caña Entera .....	79
Figura 37: Tocón evaluado .....	83
Figura 38: Caña basura .....	83
Figura 39: Caña picada.....	84
Figura 40: Caña machucada.....	84
Figura 41: Tocón no permisible.....	85
Figura 42: Caña picada.....	85
Figura 43: Mapa de distribución de puntos de muestreo .....	91
Figura 44: Extracción de Muestras .....	92
Figura 45: Extracción a 20 cm .....	92
Figura 46: Proceso de Análisis en ArcGIS® .....	94
Figura 47: Área de evaluación y su distribución de puntos .....	97

## RESUMEN GENERAL

El presente informe es el resultado del trabajo desarrollado dentro de el Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía (EPSA) realizado durante el período de enero a noviembre de año 2013 en la Administración Bugarvilia, La Gomera, Escuintla. En el mismo se presenta un informe sobre cada una de las actividades que se realizaron en dicho proceso: diagnóstico, investigación y servicios.

El capítulo I es el diagnóstico de la administración Bugarvilia. Con dicho trabajo se buscó determinar la situación actual del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en su contexto general. Se dividió en tres fases: a) Recopilación de información primaria, la cual se realizó a través de entrevistas directas con el personal que labora en la institución, (área técnica), b) Revisión y análisis de información secundaria por medio de consultas bibliográficas, c) Evaluación por priorización de problemas con la participación de investigadores en la búsqueda por establecer las principales causas del problema central y su efecto principal, para luego plantear las estrategias a seguir.

El diagnóstico fue la base principal y el punto de partida para lograr entender cómo funciona la administración. Con la información recopilada el análisis del área fue más certera, estableciendo con ello las prioridades para definir la línea de trabajo con la cual se trabajó durante todo el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

El área evaluada estuvo situada en la finca Bugarvilia, ubicada dentro estrato bajo de la zona cañera, en el municipio de La Democracia, Escuintla. La finca se encuentra a 107 km de la ciudad Guatemala, a 8 km de la cabecera municipal, a 51 km de la cabecera departamental. Colinda al Norte con la finca Santa Marta y Los Amigos, al Sur con finca Santa Ricarda, al Este con Río Achíguate y al Oeste con finca San Patricio. Según el meridiano de Greenwich está ubicada en las coordenadas a 92°8'50" longitud Oeste y a 14°39'20" latitud Norte.

El capítulo II consta de la investigación, la cual consistió en la evaluación del tamaño de la unidad de muestreo y de la muestra representativa para la medición de variables de

producción del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*), con fines de análisis de manejo y producción. El mismo consistió en identificar, cuantificar y determinar por medio de un ensayo en blanco, el tamaño de la unidad y muestra representativa para las variables evaluadas (población, población de tallos primarios, espacios vacíos, área de la hoja, población de hojas, largo y diámetro del entrenudo 5, 10 y 15).

Los datos recolectados fueron para la variedad MEX 79-431, en el estrato litoral y un cañal de dos años (soca 1) cortado en los meses de marzo a abril. Se estableció el tamaño de unidad de muestreo para cada variable evaluada, el tamaño de la unidad de muestreo adecuado para la estimación de espacios vacíos es de 15 metros lineales con 34 repeticiones, calculado con el 95 % de confiabilidad, debiendo tomarse a los 35 días después de siembra; para la evaluación de número de tallos totales, número de tallos primarios, espacios vacíos, número total de hojas, área foliar, longitud y diámetro del quinto y quinceavo entrenudo el tamaños de muestra adecuado para su estimación es de 6 metros lineales con 12 repeticiones, con una confiabilidad del 95 %, recolectados a los 120 días después de corte, para una estimación confiable y precisa.

El capítulo III está enfocado en los servicios prestados, dirigidos principalmente a brindar soluciones a problemas detectados en el diagnostico previamente realizado.

El primer servicio es la evaluación de pérdidas de caña en corte y alce. Derivado a la discrepancia actual en el proceso de recolección de datos, se consideran dos métodos de evaluación propuestos por el área de campo y cosecha. Se evaluaron los parámetros que se consideran como factores de pérdida. El objetivo principal de la investigación fue estimar las pérdidas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en relación a un tamaño de muestra y número de estas por área que permitan determinar las toneladas pérdidas por hectárea.

El segundo servicio se enfocó en la aplicación de agricultura de precisión en relación a la dosificación de fertilizantes según dosis requerida, definiendo las condiciones químicas para el área de evaluación.





## **CAPÍTULO I**

### **DIAGNOSTICO**

**SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN LA ADMINISTRACIÓN BUGANVILIA, DEL INGENIO MAGDALENA, S.A., LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

## 1.1 PRESENTACIÓN

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala contempla dentro del programa de estudios la realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), el cual consiste en la realización de un diagnóstico institucional, del área agrícola del país; así como la formulación y ejecución de un plan de servicios el cual va orientado a resolver en parte la problemática identificada, planteando con ello el proyecto de investigación. Este ejercicio profesional ejecutado durante el periodo de febrero a noviembre del año 2013, realizándose dicho ejercicio en la Administración Bugarvilia, La Gomera, Escuintla.

Actualmente la agroindustria azucarera se ha convertido en la principal agroindustria generadora de divisas para el sector agrícola de Guatemala, está conformada por 12 ingenios y cinco organizaciones de desarrollo industrial, la Asociación de Azucareros de Guatemala (ATAGUA), el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), Terminal de Embarque del Azúcar de Exportación de Guatemala (EXPOGRANEL), Fundación del Azúcar de Guatemala (FUNDAZÚCAR) y el Instituto de Cambio Climático (ICC).

La agroindustria azucarera es un pilar fundamental en la economía del país, de allí la importancia que las condiciones del cultivo de la caña de azúcar sean las más idóneas. Dentro del proceso de cultivo, se presentan diferentes problemas importantes, los cuales pueden causar grandes pérdidas, siendo de vital importancia considerar cada factor desde el proceso de siembra hasta el proceso de corte, alce y transporte.

Con dicho trabajo se buscó determinar la situación actual del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum Spp.*) en su contexto general. Dividido en tres fases su desarrollaron: a) Recopilación de información primaria, la cual se realizó a través de entrevistas directas con el personal que labora en la institución, (área técnica), b) Revisión y análisis de información secundaria por medio de consultas bibliográficas, c) Evaluación por priorización de problemas con la participación de investigadores buscando establecer las principales causas del problema central y su efecto principal, para luego plantear las estrategias a seguir.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

El Ingenio Magdalena, S.A. se encuentra localizado en la finca Bugarvilia, en el municipio de La Gomera, Escuintla. En el kilómetro 99.5 carretera a la Gomera, se desvía a 7 km de terracería hacia las instalaciones del Ingenio. La finca está ubicada a 107 km aproximadamente de la ciudad de Guatemala. Colinda al Norte con finca Santa Marta y Los Amigos, al Sur con finca Santa Ricarda, al Este con Río Achíguate, y al Oeste con finca San Patricio Orozco (1995). La administración Bugarvilia está ubicada en la Central Norte Bugarvilia conformada por 28 fincas, que cuenta con una extensión territorial de 9494.76 Ha, área que se observa en la figura 1 se muestra el mapa de Guatemala y la ubicación departamental de las fincas administradas, en la figura 2 se delimita el departamento de escuintla y la administración evaluada y en la figura 3 la administración de estudio.



**Figura 1: Mapa de la República de Guatemala.**

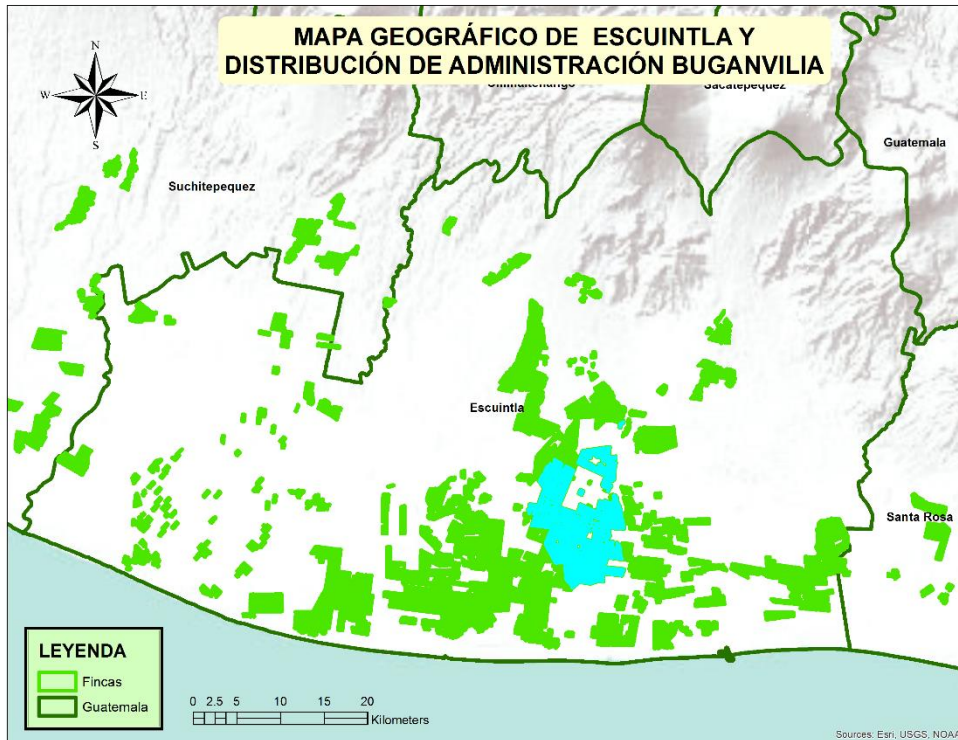


Figura 2: Mapa geográfico de Escuintla.

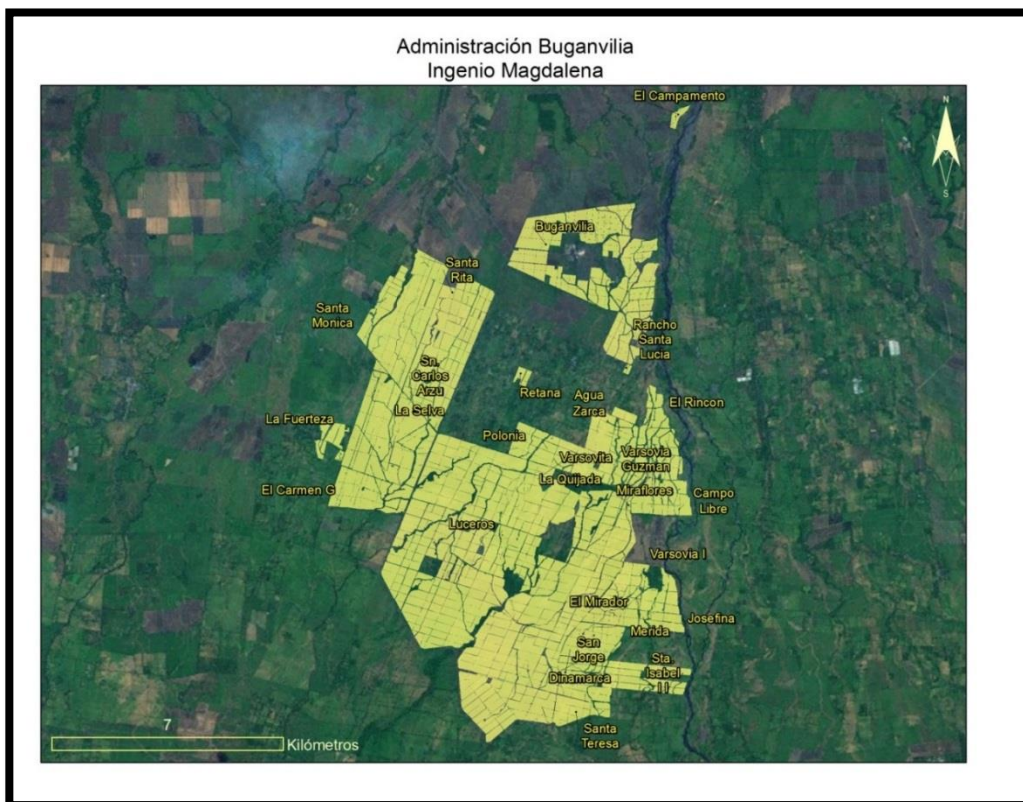


Figura 3: Mapa de Administración Buganvilia.

### **1.2.1 Historia**

En la década de los años 80 el Ingenio Magdalena fue reubicado en la Finca Buganvilia donde actualmente se encuentra situado, ya que en sus inicios el Ingenio estaba instalado en la Finca Magdalena, de la cual se deriva su nombre, ubicada en El Rodeo, Escuintla. En sus inicios se dedicó a la producción de mieles como materia prima, para fabricación de licor. Actualmente es productor de caña de azúcar que se transforma y comercializa en productos de mayor valor como alcohol, energía eléctrica, alimentos para uso animal (Ingenio Magdalena 2013).

El departamento de investigación fue creado por el ingeniero Jorge Luis Juárez en el año de 1,992, con la finalidad de generar nuevas tecnológicas de cultivo adaptables que incrementen la producción y permitan obtener desarrollo con altos rendimientos en toneladas de caña y azúcar por hectárea. A lo largo de los años la necesidad de genera crecimiento y tecnología dio pauta a la necesidad de crear áreas de investigación de temas agrícolas en específicos, en el año 2009 fueron creados 4 programas de investigación, los cuales fueron suelos y fertilidad, productos, malezas y riegos. En la actualidad estos programas se encargan de desarrollar tecnologías en sus respectivas ramas.

### **1.2.2 División**

La alta producción de caña, conlleva a la elaboración de algunos derivados como alcohol, vinaza, electricidad, entre otras. Para lograr estas labores, el Ingenio está organizado por cinco áreas las cuales trabajan en conjunto para llevar a cabo todo el proceso del azúcar, desde la siembra hasta la obtención del producto final, estas áreas son:

- a) Obra Civil
- b) Magrisa
- c) Campo
- d) Fábrica
- e) Área Administrativa

Dentro del área de Campo se encuentra el departamento de Investigación Agrícola, ubicado en el casco de la finca Buganvilia, que tiene la función principal de generar nuevas tecnologías de cultivo con la finalidad de optimizar los recursos productivos considerando la sostenibilidad tanto ecológica como industrial.

### **1.2.3 Ecología**

La Finca Buganvilia, está situada a 92°8'50" longitud Oeste y a 14°39'20" latitud Norte a 50 msnm. Está caracterizada por una precipitación que va de 2000 a 4000 mm anuales y una temperatura mayor a los 24°C CENGICAÑA (1996). Ubicada en la zona del bosque subtropical húmedo. Según el mapa de suelos del ingenio Magdalena, la finca Buganvilia cuenta con suelos Entisoles, que se pueden describir como no evolucionados de perfil AC, muy permeables, de textura gruesa. Presenta déficit de agua en época seca Orozco (1995). De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge, se encuentra dentro de la zona de vida subtropical cálida. Está ubicada naturalmente en la cuenca del río Achiguate de la vertiente del Pacífico, La fisiografía predominante es de gran paisaje, perteneciente a las llanuras costeras del pacífico.

### **1.2.4 Condiciones climáticas**

El clima de la región, según Thornthwaite, presenta las características siguientes: Cálido sin estación fría bien definida, húmedo y con invierno seco. Las características climáticas de la región contemplan una temperatura media anual de 27 a 28°C. Los suelos de la región según Simmons, pertenecen a los suelos del litoral del Pacífico, los cuales son suelos arenosos bien drenados de la serie de suelos *Mollisoles* y *Andisoles*. Suelos *Mollisoles* Están asociados con los suelos Andisoles y se distinguen por su buen drenaje, por su textura franca o más gruesa y por sus subsuelos cafés. El suelo superficial, a una profundidad aproximada de 35 centímetros, es franco, de café oscuro a café muy oscuro. El contenido de materia orgánica es alrededor del 5 al 10%. La estructura es granular fina poco desarrollada y la reacción es neutra, pH alrededor de 7.0. Suelos Andisoles es suelo

superficial, a una profundidad alrededor de 40 centímetros, es franco arcilloso suave de color gris muy oscuro a gris oscuro (CENGICAÑA 1996).

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 General:**

Conocer la realidad actual del manejo del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la Administración Bugarvilia, del Ingenio Magdalena, La Gomera, Escuintla, por medio de la realización de un diagnóstico que permita establecer la problemática central, las causas que la originan y los efectos de las mismas, con ello poder formular servicios que resuelvan la problemática dentro del marco económico, espacial, temporal y plan operativo anual de la finca.

#### **1.3.2 Específicos:**

1. Identificar y priorizar la problemática existente en la administración Bugarvilia, del Ingenio Magdalena, S.A.
2. Proponer las recomendaciones buscando contrarrestar la problemática existente.



## 1.4 METODOLOGÍA

Para poder identificar las problemáticas, se realizó un recorrido por todas las instalaciones de la administración Buganvilia con la ayuda de los mapas administrativos, el mismo se efectuó con la finalidad de hacer un reconocimiento de sus linderos y principales trayectos. El diagnóstico se enfocó a nivel general del proceso productivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), para conocer la situación actual del mismo.

De acuerdo a la revisión bibliográfica del área y de dicho cultivo, se efectuó un reconocimiento de los procesos productivos del cultivo de la caña, con el propósito de conocer las distintas actividades que se realizan: preparación del suelo, siembra, fertilización, control de malezas, control de plagas, enfermedades y cosecha, de esta manera poder determinar cuáles son los principales recursos y problemáticas con que se enfrenta el proceso de productivo de dicho cultivo. Se buscó apoyo para diagnosticar la situación actual del cultivo para producción, el cual fue con la ayuda de ingenieros y personal técnico de la misma administración.

### 1.4.1 Fase de recolección de información primaria

En esta etapa se procedió a recabar información directamente de profesionales y técnicos que laboran en la administración Buganvilia. Buscando información suficiente que permita entender y analizar el proceso de producción; tomando en cuenta la capacidad y experiencia de estas personas.

El proceso de recopilación primaria se llevó a cabo mediante la realización de entrevistas abiertas no estructuradas dirigidas al personal.

- a) Se realizó la inducción a cargo del Ing. José Luis Tuchan, donde se presentó las políticas de la empresa, su visión, misión y valores dentro de la industria azucarera.
- b) Se presentó la jerarquización y estructura organizacional del departamento de investigación agrícola en relación a los departamentos por los cuales está conformado.

- c) Se planteó la estructura de la industria y donde se encuentra actualmente el Ingenio Magdalena, así como las evaluaciones que actualmente se encuentran ejecutando en el departamento de investigación agrícola.

Las personas entrevistadas para dicho proceso se definen en el cuadro 1.

**Cuadro 1: Profesionales entrevistados**

<b>Profesión</b>	<b>Nombre</b>
<b>Ing. Agr.</b>	José Luis Tuchan Mendizábal
<b>Ing. Agr.</b>	Edgar Solares Monterroso
<b>Ing. Agr.</b>	Marco Vinicio Chapeton
<b>Ing. Agr.</b>	Marco Antonio Ochoa

#### **1.4.2 Recopilación de información secundaria**

En dicha etapa se procedió en realizar una revisión bibliográfica exhaustiva de diversos documentos bibliográficos existentes en cada departamento técnico, departamento de tecnología de información, se procedió a la evaluación de tesis de grado y publicaciones de ensayos realizados. Entre el material consultado pueden mencionarse los siguientes:

1. Base de datos de recursos humanos de la empresa
2. Tesis de grado
3. Folletos informativos
4. Artículos científicos
5. Publicaciones de identidades relacionadas con la industria.

#### **1.4.3 Fase de campo**

##### **1.4.3.1 Diagnóstico del subsistema caña de azúcar**

Se realizaron caminamientos en el área cultivada con caña de azúcar de las fincas de la Administración Buganvilia para observar el estado actual general de la misma. Se realizaron

entrevistas a los trabajadores de campo y personal técnico administrativo. Los elementos que se analizaron fueron: Información básica para los procesos de planificación (mapas de las fincas y registros de producción), área cultivada con caña de azúcar, variedades, número de cortes de los cañales, distancia de siembra, fertilización, riego, manejo de malezas, manejo de plagas y rendimiento posteriormente se efectuó un comparativo de cada factor con el óptimo de cada variable productiva, para establecer si lo que se hace en la finca es apropiado o no con base a criterios agronómicos y de referencia de otras fincas cañeras.

#### **1.4.3.2 Triangulación de información**

Esta se realizó con pláticas en distintas visitas de campo con los diferentes integrantes de la administración, donde se observó las principales tecnologías utilizadas y desarrolladas, así como los sistemas de operación y las eficiencias de los trabajos basados en planes estratégicos, para el área de Investigación se evaluaron áreas de interés para montaje de investigación.

#### **1.4.4 Fase de gabinete (análisis de información)**

##### **1.4.4.1 Priorización de problemas**

Derivado de la evaluación e identificación de la problemática, se realizó una priorización de cada uno de ellos, para lo cual se contó con el apoyo y consenso de técnicos y profesionales que laboran en dicha institución. En relación a la priorización se procedió a la formulación del plan de servicios así como el tema de investigación a desarrollar.

##### **1.4.4.2 Análisis FODA**

Con la información recolectada por distintos medios se identificaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Esto por medio de la utilización de la herramienta FODA, esto ayudo a identificar áreas de trabajo y como maximizar los recursos y disminuir las dificultades.

## 1.5 RESULTADOS

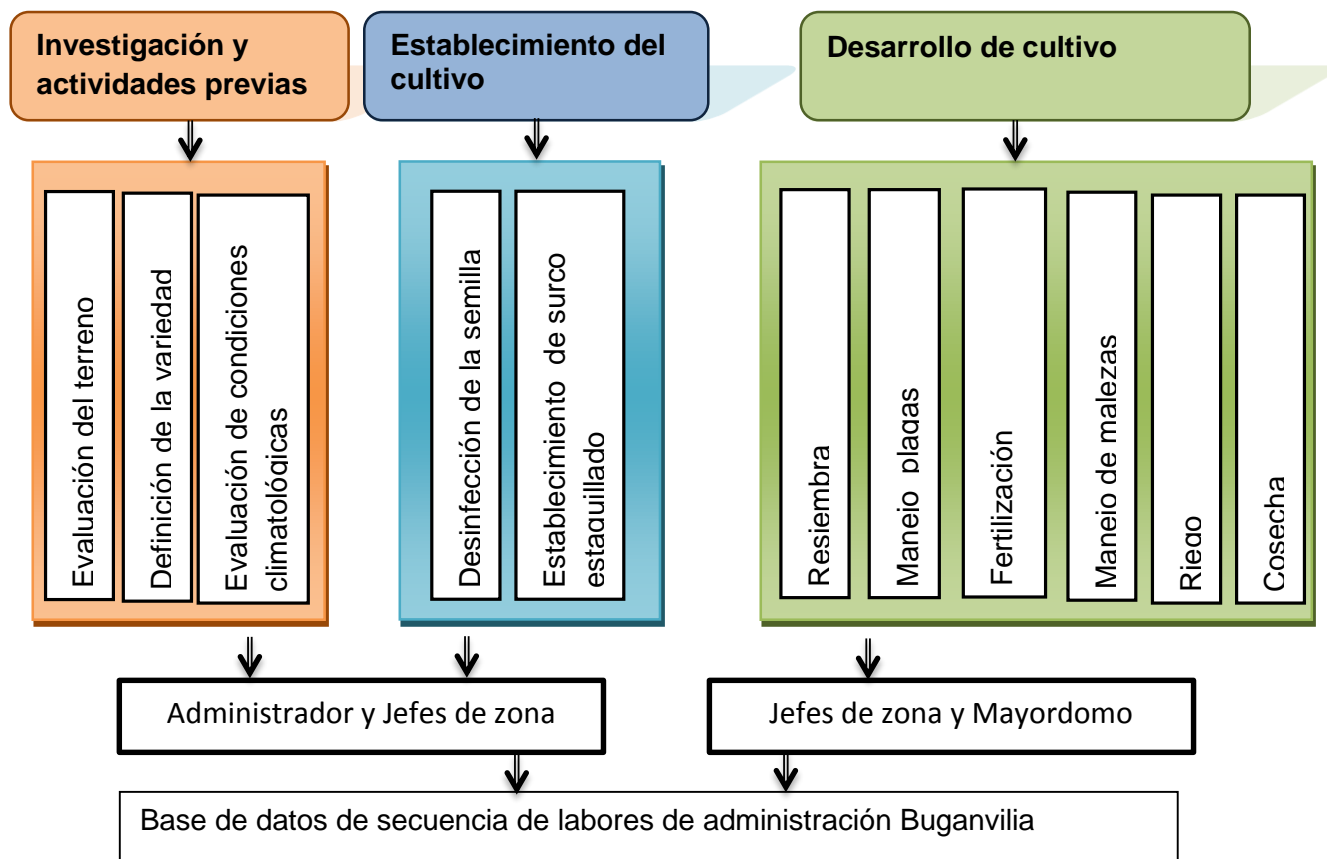
### 1.5.1 Descripción y análisis del manejo actual del cultivo de caña de azúcar

En el cuadro dos se listan los procesos productivos del manejo actual del cultivo de caña de azúcar, en la administración Buganvilia, separada en cuanto a fortalezas y debilidades con el fin de ubicar, puntos críticos para el proceso de producción del cultivo de caña de azúcar.

**Cuadro 2: Cuadro de fortalezas y debilidades.**

Fortalezas	Debilidades
<b>Registro específico de la variedad cultivada</b>	El personal capacitado no es suficiente
<b>Registro del número de corte por sector</b>	Limitada tecnología en la actualidad
<b>Programa de fertilización establecido</b>	Programa de fertilización generalizado
<b>Programa de manejo de malezas</b>	Utilización de agroquímicos dañinos a la producción.
<b>Fecha de cosecha</b>	Monitoreo escaso de producción
<b>Secuencia de labores establecida</b>	Los estimados de producción son tardíos
<b>Recurso humano capacitado</b>	
<b>Maquinaria industrial necesaria</b>	
<b>Información y croquis por sector</b>	

### 1.5.1.1 Proceso de producción de la administración Buganvilla

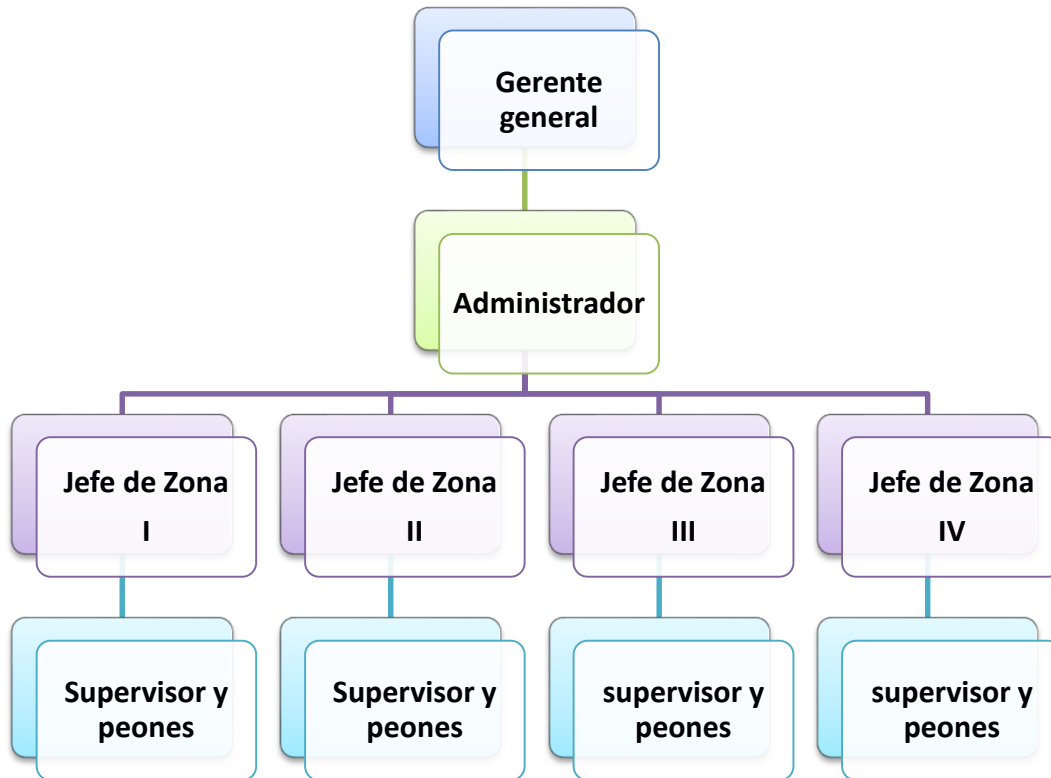


**Figura 4: Diagrama de flujo del proceso de producción**

### 1.5.2 Estructura organizacional y funcional

La administración Buganvilla cuenta con cuatro zonas las cuales cuentan con un jefe de zona encargado, quienes son los encargados de brindar tecnología y apoyo técnico, cuentan con supervisores quienes son los responsables de ejecutar determinadas actividades.

Según la secuencia operativa se contemplan tres fases fundamentales del proceso, las cuales son: investigación, establecimiento, mantenimiento, el diagnóstico se enfocó en las tres fases, realizándose en el periodo que contempla el ejercicio profesional supervisado el cual tiene una durabilidad de diez meses contemplado de febrero a noviembre del 2014.



**Figura 5: Diagrama de la estructura organizativa**

El encargado de generación y supervisión de las labores agrícolas es el administrador delegando responsabilidades a los jefes de zona quienes se encargan de áreas más delimitadas. Para el desempeño de las labores a implementar es importante conocer, desarrollar, aplicar la ciencia y tecnologías en los ámbitos de las explotaciones agrícolas tanto extensivas como intensivas del cultivo de la caña de azúcar, dando las líneas y parámetros a los administradores para que estas a su vez funcionen adecuadamente.

### 1.5.3 Análisis FODA

Por medio de esta herramienta se determinó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la administración Buganvilla, de una forma objetiva con el sentido de

aprovechar las fortalezas atreves de las oportunidades y disminuir las debilidades evitando las amenazas.

#### **1.5.3.1 Fortalezas:**

- Existe coordinación interinstitucional con el gerente general, administrador, jefes de zona y supervisores.
- Existe apoyo por parte del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) el cual es coordinado por parte del departamento de Investigación Agrícola.
- La Administración cuenta actualmente con personal capacitado y con experiencia en las áreas técnicas.
- La Administración cuenta con dispositivo de trabajo de alta tecnología, (software, equipos de medición, etc.), con lo cual se busca poder conocer más la situación actual del cultivo y de los suelos con los que se cuentan.
- Un nivel de organización y estructuración de la institución adecuado, por lo cual permite el buen funcionamiento del proceso de producción.
- Cuenta con la asesoría de profesionales internacionales, anuentes a brindar charlas informativas, con lo cual se promueve el aprendizaje constante por parte de los profesionales que laboran en la administración.

#### **1.5.3.2 Oportunidades:**

- Existe un avance tecnológico a nivel mundial que puede ser aprovechado en toda la fases de producción que se encuentra disponible para el uso de la agricultura.
- Alianzas estratégicas con entidades como el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) y el Instituto del Cambio Climático (ICC) en pro de mejoras de la productividad por área.
- Cuenta con la asesoría de profesionales internacionales, anuentes a brindar charlas informativas, con lo cual se promueve el aprendizaje constante por parte de los profesionales que laboran en la administración.

### 1.5.3.3 Amenazas:

- Falta de manejo de la infestación de malezas en lotes comerciales de caña de azúcar.
- Deficiencias de las aplicaciones de herbicidas y fertilizante debido a la poca calibración de equipos.
- Reducción de Toneladas de Caña por Hectárea (TCH) por falta de un riego adecuado en la etapa de elongación del cultivo de caña de azúcar.
- Falta de monitoreo en la aplicación del riego que se ve reflejado en el balance hídrico.
- La afección en lotes de caña comercial alcanza un 20 % de infestación de Barrenador, lo que disminuye la producción de toneladas por hectárea de caña.
- Alta incidencia de roedores en los lotes de caña comercial.
- Problemas con inhibidores de crecimiento de raíces de caña de azúcar.

### 1.5.3.4 Debilidades:

- No se cuenta con el transporte necesarios para la movilización de los supervisores de campo, a las diferentes áreas de trabajo.
- Reducido equipo de computación, en el área técnica.
- Falta de un historial digital de las labores de cultivo por lote.
- Infraestructura tecnológica insuficiente para la capacitación de información del proceso de producción.
- Falta de una política institucional de generación, manejo, resguardo y distribución de la información.
- Falta de metodología para la toma de parámetros de producción para cuantificación de producción de caña de azúcar en pie en área comercial del ingenio Magdalena.
- Mal manejo en el monitoreo de pérdidas por corte, alce y transporte.
- Poca tecnología implementada en los procesos de producción.



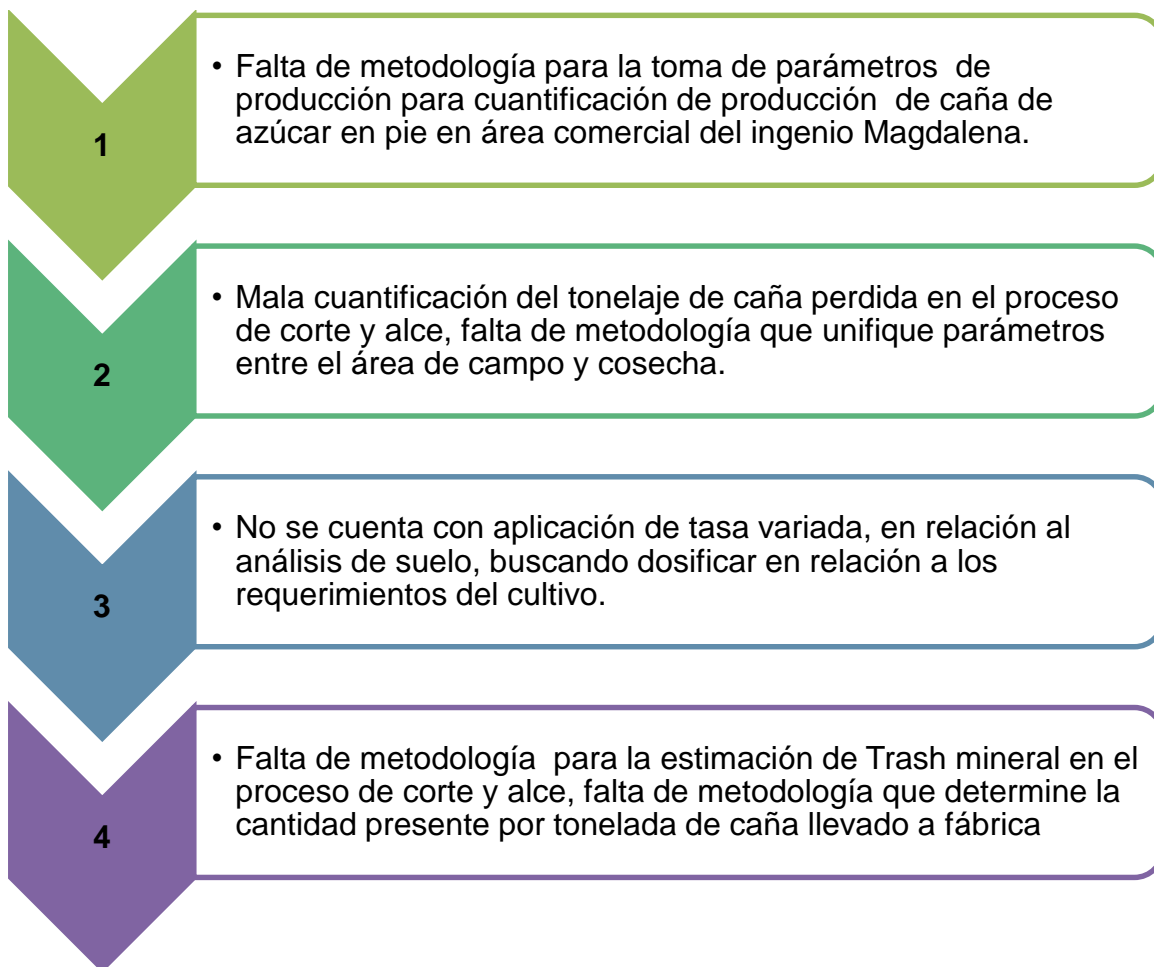
#### **1.5.4 Jerarquización de la problemática**

Los problemas que se presentan esta la falta de una metodología establecida en cuando a la evaluación de rendimientos de toneladas de caña de azúcar con relación a las toneladas métricas por hectárea, de lo cual se deriva la interrogante es el tamaño de muestra representativo para eliminar la heterogeneidad del suelo, los muestreos que se efectúan son los necesarios de este punto se deriva la investigación de evaluar el tamaño de muestra a evaluar y el número de muestras que se deben considerar para que dicho resultado sea más ajustado a las condiciones de cada área, en base a estos resultados se busca plantear una metodología de recolección de datos.

Siguiendo con este proceso de estimación de rendimiento entra la interrogante planteada por parte del personal de campo y cosecha, en relación al por que los datos de perdida reportados en corte y alce presentan un alto grado de variación hecho que deriva con el servicio de evaluación de metodología actualmente implementada, buscando evaluar el tamaño de parcela, número de muestras a evaluar por área y cuáles son las variables a considerar en dicho muestreo.

Por lo consiguiente se realizara la evaluación como punto principal la determinación de una metodología que permita evaluar los rendimiento en relación a las prácticas agrícolas que se encuentran en desarrollo hasta cosecha proponiendo, la metodología, tamaño y número de muestras para la evaluación más certera de dichos procesos. Como segundo punto de evaluación se considera la evaluación post- cosecha en lo cual se contempla evaluar que pérdidas son de mayor importancia en el campo, anudado a esta evaluación determinar la metodología a evaluar con relación al tamaño y número de muestras a considerar, considerando la evaluación y corroboración de los parámetros aceptables de pérdidas a tomar.

### 1.5.5 Principales problemas detectados en proceso de producción de la Administración Buganvilia



**Figura 6: Listado de problemas detectados**

En el cuadro tres se muestra la matriz comparativa en donde se presentan las actividades sometidas a comparación entre ellas para seleccionarlas prioritariamente en base a las repeticiones.

**Cuadro 3: Matriz comparativa**

	1	2	3	4
1	-----	1	1	1
2		-----	2	2
3			-----	3
4				-----

Haciendo un coteo en base a la frecuencia con la que aparecen las actividades, se realizó un resumen el cual se ilustra a continuación.

#### 1.5.6 Resumen de la frecuencia en el análisis comparativo.

**Cuadro 4: Resumen de frecuencias**

No. Problemática	Repeticiones	%
1	3	50
2	2	33.33
3	1	16.7

- Del diagnóstico realizado se ha determinado que el factor de mayor importancia es la falta de metodología para la toma de parámetros de producción para cuantificación de producción de caña de azúcar en pie en área comercial del ingenio Magdalena el cual cuenta con un 50 % de importancia para la toma de decisiones por tanto se recomendó el montaje de una evaluación de este aspecto.
- Como segundo problema de importancia se encuentra la cuantificación del tonelaje de caña perdida en el proceso de corte y alce, falta de metodología que unifique parámetros entre el área de campo y cosecha, por lo cual se tomó como parte de los servicios efectuados la determinación de este proyecto.
- Considerando esta evaluación es de vital importancia la aplicaciones de fertilizante en relación a tasa variada, en busca de optimizar recursos, manejo de un ambiente y agricultura sostenible al no sobre dosificar los nutrientes en el suelo de tal manera buscando preservar los suelos de la empresa.

## 1.6 CONCLUSIONES

- El proceso de producción en la administración Buganvilia se ve afectado en la estimación de rendimientos. Del diagnóstico realizado se ha determinado que el factor de mayor importancia es la falta de metodología para la toma de parámetros de producción para cuantificación de producción de caña de azúcar en pie en área comercial del ingenio Magdalena. Cuenta con un 50 % de importancia para la toma de decisiones por tanto se recomendó el montaje de una evaluación de este aspecto.
- Como segundo problema de importancia se encuentra la cuantificación del tonelaje de caña pérdida en el proceso de corte y alce, falta de metodología que unifique parámetros entre el área de campo y cosecha, por lo cual se tomó como parte de los servicios efectuados la determinación de este proyecto.
- Considerando que se evalúa la productividad de un monocultivo, conlleva a la adopción de nuevas tecnologías por lo cual es de vital importancia la implementación de la aplicaciones de fertilizante, herbicidas y madurantes en relación a tasa variada, en busca de optimizar recursos, manejo de un ambiente y agricultura sostenible al no sobre dosificar químicos al suelo, de tal manera buscando preservar los suelos de la empresa.

## 1.7 RECOMENDACIONES

- Evaluar periódicamente todos los procedimientos de producción de caña comercial, de tal manera de poseer una adopción constante de nuevas tecnologías.
- Hacer una adquisición de equipo de computación, para el departamento técnico, con el propósito de suplir la demanda que se tiene de este equipo en mención.
- Realizar una constantemente supervisión en el estado de mantenimiento del equipo de aplicaciones de fertilizante y herbicidas para, optimizar los procesos de aplicación.
- Creación de una base de dato que almacén información de pertinente a los lotes, buscando poder contar con un portal de base de datos que cuente con la información actualizada de todas las labores de cultivo realizadas por lote.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala, en el área de Río Lindo. Guatemala. 75 p.
2. Ingenio Magdalena, GT. 2013. Historia del Ingenio Magdalena (en línea). Consultado 11 mar 2013. Disponible en <http://iasmag.imsa.com.gt/inow/web/guest/inicio>
3. Orozco, H *et al.* 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. p. 33. (Documento Técnico no. 6).

  
Re. Rolando Barrios



The seal of the University of Carolina, Matanzas, is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a staff and a bundle, flanked by two columns. Above the shield is a crown and a lion. The shield is surrounded by a circular border containing the Latin motto: "SAPIENTIA CONSPICUA CAROLINA ACADÉMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERAS OPTIMO PLUS ULTRA".

**CAPÍTULO II**

**TAMAÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO Y DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*).**





## 2.1 PRESENTACIÓN

Actualmente la agroindustria azucarera se ha convertido en la principal industria generadora de divisas para el sector agrícola de Guatemala. Está conformada por 12 ingenios y cinco organizaciones de desarrollo industrial, la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA), el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), Terminal de Embarque del Azúcar de Exportación de Guatemala (EXPOGRANEL), Fundación del Azúcar de Guatemala (FUNDAZÚCAR) y el Instituto de Cambio Climático (ICC).

La extensión territorial de Guatemala asciende a 10,888,900 hectáreas, de ellas 2,997,960 hectáreas son dedicadas a la producción agrícola, de la cual el cultivo de caña de azúcar abarca un área de 235,000 hectáreas, correspondiendo al 2.15% del área nacional.

La producción obtenida para la zafra 2013/2014 asciende a 61,012,574 quintales equivalente a 2,806,578 toneladas métricas, siendo con ello el tercer lugar a nivel mundial en productividad por área (toneladas métricas de azúcar/hectárea) y cuarto exportador a nivel mundial (CENGICAÑA 2014 ).

En el manejo del cultivo es de importancia poder realizar evaluaciones del desarrollo que se presenta a través del tiempo con la finalidad de asegurar una adecuada producción final, siendo para ello de importancia definir parámetros para la toma de las variables de producción siendo de principal importancia la determinación del tamaño de unidad de muestreo y la muestra representativa según condiciones del cultivo, lo cual permita realizar estimaciones confiables y precisas.

Bajo este contexto se realizó el trabajo de investigación denominado “tamaño de la unidad de muestreo y de la muestra representativa para medición de variables de producción del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) ” el mismo consistió en identificar, cuantificar y determinar por medio de un ensayo en blanco, el tamaño de la unidad y muestra representativa para las variables evaluadas.

## 2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La investigación para la predicción de estimados de producción de caña, se ha enfocado en la actualidad a la búsqueda de las variables de mayor importancia que permita definir tamaños de unidad de muestreo momentos óptimos de toma y tamaños de muestra representativa, con el objetivo de poder dar estimados precisos y confiables, considerando que, en relación a los estimados de producción se realizan labores de cultivo como la aplicación de madurante y la programación de la cosecha, proceso de corte, alce y transporte que influyen en campo, molienda y producción final de azúcar en proceso de fábrica. En la actualidad se trabaja bajo un mismo tamaño de unidad de muestreo para altura del tallo, conteo poblacional, largo y ancho de entrenudos, lo cual ha surgido a raíz de muestreos previos, y que estadísticamente no se tiene certeza de su aplicación de manera uniforme para las variables antes mencionadas, por lo cual se considera de vital importancia el lograr determinar el tamaño de unidad de muestreo, así como definir el número de muestras a tomar

Con la presente investigación se buscó dar respuesta a interrogantes como.

¿Para la evaluación de índices de desarrollo en caña de azúcar, es de importancia la definición del tamaño de unidad de muestreo para cada variable evaluada?

¿Para la evaluación de índices de desarrollo en caña de azúcar, es de importancia la definición del tamaño de la muestra para cada variable evaluada?

## **2.3 MARCO TEÓRICO**

### **2.3.1 MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.3.1.1 Morfología de la caña de azúcar**

El número de tallos por cepa, la altura del tallo y diámetro de entrenudos, son los tres componentes más importantes que inciden directamente en el tonelaje de caña por unidad de área (Loma, JL De la. 1966).

#### **2.3.1.2 Elementos que generan variabilidad en la producción de caña**

##### **A. Variedad**

A nivel mundial la industria cañera cuenta con una gran diversidad de variedades del cultivo; siendo estas producidas tanto en el país de desarrollo como en nuevos países en los cuales han encontrado excelente respuestas, Guatemala está incluido en los países que desarrollan variedades de caña de azúcar, siendo la entidad encargada Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar, (CENGICAÑA) por parte de dicho centro de investigación se ha desarrollado las variedades CG (CENGICAÑA-GUATEMALA); actualmente Guatemala importa variedades, como las CP (Canal Point, Florida, USA), SP (Sao Pablo, Brasil), RB (República de Brasil), MEX (México), PR (Puerto Rico), Q (Quesland, Australia), NA (Norte Argentina), B (Barbados) (CENGICAÑA 2004).

En el programa de variedades del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, se busca producir en igual proporción variedades de maduración temprana, intermedia y tardía. En Guatemala, las variedades de maduración temprana coinciden generalmente con materiales que tienen arriba del 50% de floración, bajo las condiciones de la zona cañera guatemalteca. Las variedades que no muestran floración bajo condiciones naturales del área cañera guatemalteca son generalmente de maduración tardía que presentan niveles adecuados de azúcar cuando la planta es sometida a estrés, especialmente hídrico conforme avanza la época de sequía o verano( Scheaffer, RL; Mendenhall, W; Ott, L. 1987).

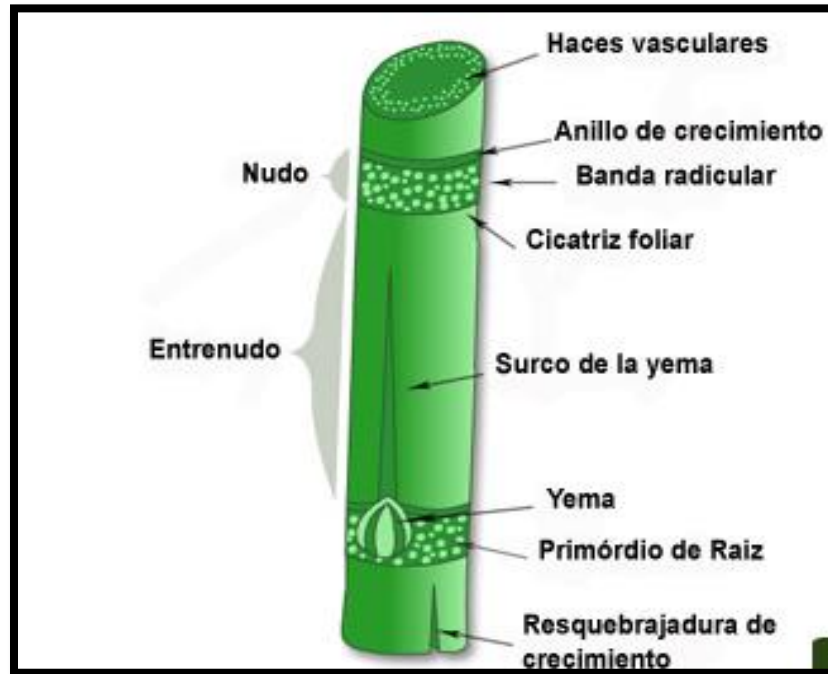


Figura 7: Nudo y Entrenudo

Fuente: CENGICAÑA, 2004. (3)

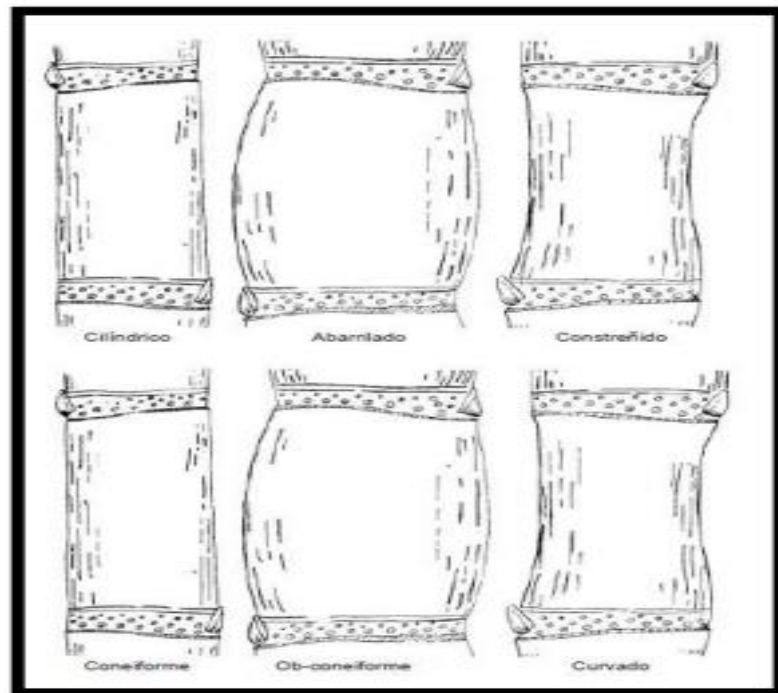


Figura 8: Formas del entrenudo

Fuente: CENGICAÑA, 2004. (3)

## **B. Clima**

La variabilidad en el clima es predominante. Al realizar un análisis histórico de las condiciones climáticas para la latitud 14° y longitud 90°, se observa que existe mucha variabilidad, hecho que se presenta en mayor escala en el comportamiento de la lluvia esto se da incluso intra finca y la radiación solar que llega a la superficie terrestre.

El Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) ha estudiado desde 1997 el clima en el tiempo y espacio, definiendo que la variabilidad se encuentra ligada al fenómeno del ENSO (El Niño-oscilación del sur) que afectan también de forma global a toda la tierra. De esta manera se ha determinado la causa principal de la variabilidad en el rendimiento productivo de la caña de azúcar en TCH.

De esta manera cuando es frío afectado por fuertes lluvias se disminuye el TCH siendo por tanto un año Niña, por el contrario cuando se presentan temperaturas altas y poca humedad la productividad de TCH presenta un aumento por tanto se tiene un año Niño. Se ha asociado que cuando el ENSO (El Niño-oscilación del sur) (CENGICAÑA 2014).

## **C. Fertilidad**

Por parte del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) se han realizado estudios semidetallados de suelos en la zona cañera de Guatemala desde 1993, se han realizado trabajos relacionados a investigación científica-tecnológica que permitió determinar estrategias para la optimización del fertilizante nitrogenado y recomendaciones económicas para el uso y manejo de fertilizante fosforado. Los fertilizantes son aplicados por grupos de manejo de suelos, de acuerdo con los requerimientos, análisis de suelos y rendimiento potencial. Se han especificado recomendaciones para nitrógeno y fósforo (CENGICAÑA 2014).

#### **D. Unidad de muestreo**

La unidad de muestreo es cada elemento susceptible de ser seleccionado. Siendo por tanto el conjunto de todas las posibles muestras que se pueden extraer de una población mediante una determinada técnica de muestreo. La cual debe ser uniforme, fácilmente identificable y que suministre información precisa (Mendenhall, W. 1987).

#### **E. Precisión**

Hace referencia a la distancia máxima que el investigador permite entre el estimador y el parámetro. Se mide por el error máximo que el investigador está dispuesto a aceptar en sus mediciones, el grado de confiabilidad que se le dará a un muestreo (Mendenhall, W. 1987).

#### **F. Confiabilidad**

La confiabilidad es el grado de certeza que tendrán las estimaciones obtenidas con la muestra, la confiabilidad es el grado de certeza que presentan los datos muestreados a la población total (Mendenhall, W. 1987).

#### **G. Muestreo aleatorio simple**

El muestreo simple aleatorio consiste en seleccionar una muestra de tamaño  $n$  de una población de tamaño  $N$ , en la que tengan la misma probabilidad de ser cada uno de ellos seleccionados (Mendenhall, W. 1987).

#### **H. Error de muestreo**

El error de muestro sucede cuando se utilizan valores de la muestra, o estadísticos para estimar valores poblacionales, o parámetros, grado de variación entre la muestra y la población total (Mendenhall, W. 1987).

### 2.3.1.3 Métodos para la determinación del tamaño adecuado de la unidad de muestreo

#### A. Método de Smith

Según define Smith, el mejor tamaño de parcela es el cual permite determinar la máxima información por parcela que tenga ( $x$ ) tamaño de unidades al menor costo posible, la cual está definido por el inverso de la varianza  $1/Vx$ , permitiendo con ello determinar cuando el costo alcanza su valor mínimo (Barrientos García M. 1981).

Información para parcelas de tamaño  $x$

$$\frac{1}{Vx} = \frac{x^b}{V1}$$

$$F(x) = \frac{C}{(1/Vx)} = CVx = Vx(K1 + K2x)$$

El costo de unidad de información.

$$F(x) = \frac{V1}{(X^b)} * (K1 + K2x)$$

El valor de  $x$  se encuentra al igualar a cero la primera derivada, de la ecuación.

Donde

$X$  = Tamaño adecuado de parcela, dado en número de unidades básicas.

$b$  = Coeficiente de regresión (heterogeneidad de Smith)

$K_1$  = Parte del costo total que es proporcional al número de parcelas por tratamiento, que sería el costo fijo.

$K_2$  = Parte del costo total que es proporcional al área total por tratamiento siendo el costo variable.



## B. Método de Hatheway

El método de Hatheway crea una relación entre el tamaño de parcela y el número de sus repeticiones, teniendo como diferencia la presentación en porcentaje de la media. Este método deriva la expresión matemática considerando como base la fórmula de Cochran y Cox (Barrientos García M. 1981).

$$X^b = 2(t_1 + t_2)^2 cv^2 / rd^2$$

Dónde:

$X$  = Tamaño adecuado de parcela expresado en número de parcelas unitarias.

$b$  = Coeficiente de heterogeneidad de Smith.

$T_1$  = Valor de  $T$  en las tablas para un nivel dado  $(r - 1) (t - 1)$  grados de libertad del error en el ANDEVA, siendo  $T$  igual al número de tratamientos.

$T_2$  = Valor  $T$  en las tablas para  $(r - 1) (t - 1)$  grados de libertad del error en el ANDEVA y el nivel es igual a  $2(1 - p)$  donde  $p$  es la probabilidad estimada por el experimentador de obtener un resultado significativo.

$CV$  = Coeficiente de variación entre parcelas de una unidad básica.

$r$  = Número de repeticiones.

$d$  = Diferencia que se desea detectar como significativa, expresada como porcentaje respecto a la media

## C. Método de Regresión

Con el método de regresión se busca encontrar por medio de análisis matemático el punto de máxima curvatura, siendo por ello el método de máxima curvatura solo que en tres dimensiones, esto porque el comportamiento de una evaluación puede ser analizada en relación a la respuesta de la variación de componentes de forma y tamaño, generándose a partir del siguiente modelo (Barrientos García M. 1981).

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Variable aleatoria observable, dependiente en su comportamiento de  $X_1$  y  $X_2$

$X_1$  = Número de hileras de la parcela experimental.

$X_2$  = Número de columnas de la parcela experimental.

$\beta_1, \beta_j$  = Parámetros desconocidos, coeficiente de regresión.

$E_{ij}$  = Variable aleatoria, error experimental

En este modelo se realiza la estimación mínima cuadrática de los parámetros y prueba de hipótesis sobre el ajuste del modelo y la magnitud de los coeficientes.

$$CV_k = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 L + \beta_3 A^2 + \beta_4 L^2 + \beta_5 A \times L + E_k$$

Dónde:

$k = 1, 2, \dots, n$  es igual al número de observaciones.

$A$  = Ancho de parcela, medido en número de surcos.

$L$  = Largo de parcela, medido en segmentos de surco en metros.

$A \times L$  = Interacción entre el ancho y el largo de la parcela.

$CV_k$  = Coeficiente de variación calculado para parcelas de tamaño y forma  $A \times L$

#### **D. Método de Máxima Curvatura**

Para la presente investigación fue el método utilizado para la estimación del tamaño de unidad de muestreo para las variables de producción de caña de azúcar

Es el método más general de los utilizados para optimizar el tamaño de parcela el cual se encuentra en la curva teórica del coeficiente de variación para la función del tamaño de parcela Barrientos García M. (1981), por medio de la gráfica del coeficiente de variación,

colocando en la abscisa (x) los tamaños evaluados en este caso corresponderían a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30 metros y los coeficientes de variación obtenidos en cada metro en la ordenada (Y), obteniendo con ello la curva teórica, que permite la estimación del tamaño óptimo de unidad de muestreo, que está dado por el valor de la abscisa en la cual la derivada de la función sea igual a menos uno, que es considerado como el punto de máxima inflexión. El modelo que se utiliza para estimar dicha curva es:

$$F(X) = CV_i = \beta_0 X_i^{\beta_1} E_i$$

En donde:

$CV_i$  = Coeficiente de variación con un tamaño  $X_i$

$\beta_0$  y  $\beta_1$  = Parámetros del modelo.

$X_i$  = tamaño de la unidad.

$E_i$  = Error.

#### 2.3.1.4 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se representa por el valor n, cuyo valor está condicionado por el objetivo general que describe la población. Es tamaños de la muestra está definida por el tamaño de la población, la variabilidad, el error de muestreo, el parámetro a estimar, la precisión de la estimación y el esquema de muestreo.

Para lo cual se calculó el tamaño de la muestra definitiva, en este caso, para estimar la media, a través de la siguiente expresión (para poblaciones finitas):

$$n = \frac{Ns^2 Z_{1-\alpha}^2}{(N-1)e^2 + s^2 Z_{1-\alpha}^2}$$

En que:

$n$  = Tamaño de la muestra definitiva

$N$  = Tamaño de la población

$Z$  = El valor de la distribución  $Z$  para un nivel de confianza de  $1 - \alpha$

$s^2$  = Varianza obtenida con la muestra piloto

$e$  = Precisión del estimador de interés (en este caso, la media)

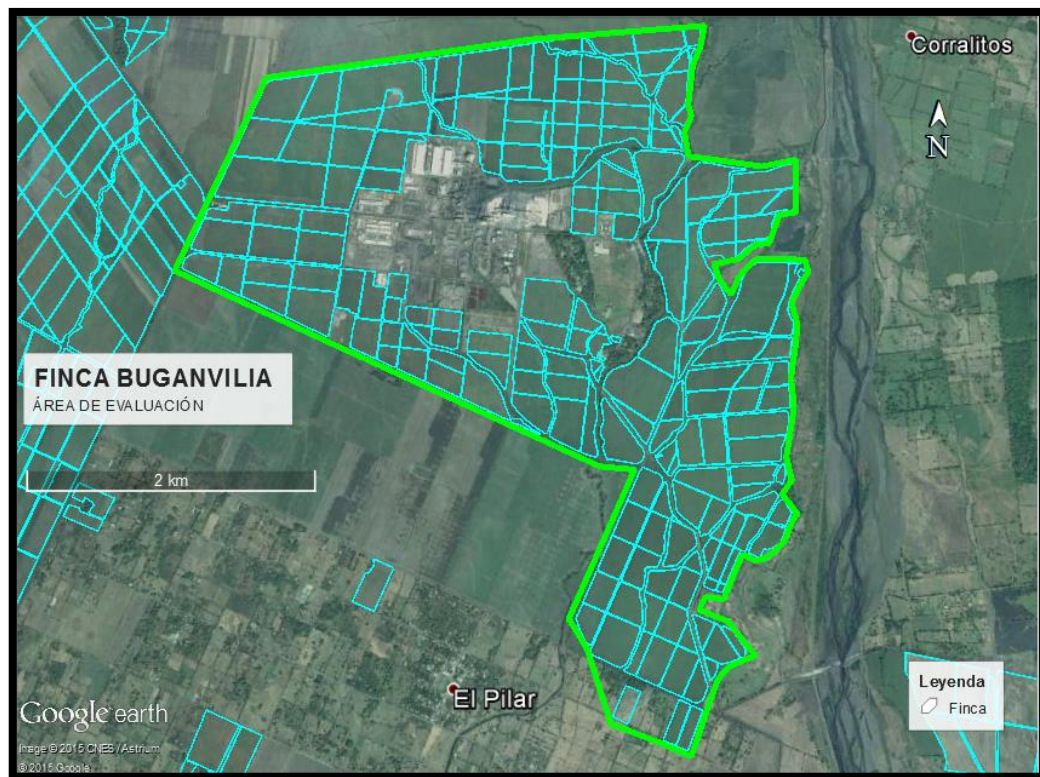
Nota: Los valores más frecuentes utilizados para representar la confiabilidad son: 1.65, 1.96, 2.58, los cuales equivalen al 90%, 95% y 99% de confianza, respectivamente.

La utilización de instrumentos estadísticos no depende de las características de la información o de los datos en análisis, sino de la situación que se requiera analizar, lo que puede resultar en un muestreo estadístico extremadamente difícil. Uno de los principales problemas que se tiene en relación con el muestreo, consiste en saber si el grupo elegido es el adecuado, tomando como partida la variedad que se está evaluando, siendo para esta investigación la variedad MEX 79-431, bajo condiciones de un suelo Molisol, a una altitud de 20-40 msnm, a una temperatura promedio de 30 °C.

## 2.3.2 MARCO REFERENCIAL

### 2.3.2.1 Descripción general del área

El área evaluada estuvo situada en la finca Buganvilia, ubicada dentro estrato bajo de la zona cañera, en el municipio de la Democracia, Escuintla, la finca se encuentra a 107 km de la ciudad Guatemala, a 8 km de la cabecera municipal, a 51 km de la cabecera departamental. Colinda al Norte con la finca Santa Marta y Los Amigos, al Sur con finca Santa Ricarda, al Este con Río Achiguate y al Oeste con finca San Patricio. Según el meridiano de Greenwich está ubicada en las coordenadas a 92°8'50" longitud Oeste y a 14°39'20" latitud Norte.



**Figura 9: Mapa de ubicación finca Buganvilia**

El área evaluada corresponde a 14.7 hectáreas, con un perímetro de 886369.8 metros, el lote presenta un suelo franco arenoso con coloración oscura a muy oscura, suelos

molisoles, ubicado en la zona bosque muy húmedo subtropical cálido, el área presenta relieve plano accidentado.

### **2.3.2.2 Descripción varietal MEX 79- 431**

Presenta poco deshoje natural, el crecimiento del tallo es semi-erecto, con buen cierre natural, abundante follaje, entrenudo de coloración verde amarillento con presencia de manchas negras, los entrenudos se disponen en zig zag. El nudo crece de manera cilíndrica con yema ovalada semi-protuberante sin sobrepasar el anillo de crecimiento el cual es semi-liso, el cuello de color oscuro presenta vellosidad en su base, la vaina es verde rojizo con cera con poca o ninguna presencia de afate, lamina foliar con borde finamente acerado (CENGICAÑA 2004).

La floración es escasa a regular, siendo particular el hecho de que los mayores porcentajes ocurren en altitudes medias y no en zonas de más altitud o al nivel del mar, despaje regular. El rendimiento de campo a nivel experimental en planta y soca es de 193 y 173 ton de caña por hectárea respectivamente. Resistente a la roya naranja, puede presentar sintomatología de mosaico. Es de maduración media. En ciclo plantilla (caña sin cortes) el porcentaje de sacarosa en caña es de trece punto ocho por ciento y en soca (cañal con más de un corte) es de catorce punto uno por ciento.

Es una variedad de importancia para la agroindustria azucarera, cuenta con 9,969 hectáreas es una variedad del tercer tercio (cosechada en los meses de marzo y abril), se ubica como la quinta variedad de importancia para la producción de caña, el Ingenio Magdalena cuenta mayor área de cultivo para dicha variedad, siendo segundo en área el Ingenio Pantaleón, datos que se muestran en el cuadro 5.

**Cuadro 5: Composición varietal del 80 % de la zafra 2014-2015**

Variedad	Agro Industria		La Unión		Magdalena		Madre Tierra		Pantaleón		Palo Gordo		Santa Ana		San Diego		Tululá	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
CP72-2086	65,144	33.3	9,999	50.1	15,581	29.5	7,104	41.0	18,632	36.0	2,092	20.9	3,276	13.6	6,460	50.9	2,001	28.3
CP88-1165	40,269	20.6	1,749	8.8	8,144	15.4	1,859	10.7	15,199	29.4	2,900	28.9	7,239	30.1	1,979	15.6	1,200	17.0
CP73-1547	28,144	14.4	2,514	12.6	6,726	12.7	4,053	23.4	6,105	11.8	1,866	18.6	3,005	12.5	2,616	20.6	1,260	17.8
CG98-78	10,296	5.3	1,252	6.3	1,623	3.1	830	4.8	2,364	4.6	484	4.8	2,087	8.7	68	0.5	1,588	22.5
Mex79-431	9,969	5.1	794	4.0	3,615	6.8	373	2.2	2,251	4.4	1,184	11.8	1,419	5.9	56	0.4	277	3.9
CG98-10	9,464	4.8			2,545	4.8	1,158	6.7	552	1.1	264	2.6	4,442	18.5	503	4.0		
RB73-2577	3,976	2.0			3,000	5.7	143	0.8	201	0.4			633	2.6				
SP71-6161	2,623	1.3			2,470	4.7			154	0.3								
SP79-1287	2,275	1.2			1,486	2.8	26	0.2	763	1.5								
CG98-46	2,149	1.1	178	0.9	1,270	2.4			184	0.4	4	0.0	331	1.4	182	1.4		
PGM89-968	2,109	1.1			1,116	2.1	63	0.4	891	1.7			2	0.0	37	0.3		
Otras	19,193	9.8	3,456	17.3	5,229	9.9	1,738	10.0	4,403	8.5	1,238	12.3	1,586	6.6	799	6.3	745	10.5
<b>Total general</b>	<b>195,611</b>		<b>19,942</b>		<b>52,805</b>		<b>17,346</b>		<b>51,698</b>		<b>10,033</b>		<b>24,018</b>		<b>12,699</b>		<b>7,070</b>	

**Fuente: CENGICAÑA, 2004.**

La información del censo varietal de la agroindustria azucarera proviene del 80 por ciento del área cultivada con caña de azúcar en Guatemala, muestra la composición varietal de la zafra 2014-15. A nivel de agroindustria azucarera guatemalteca las variedades CP88-1165 y CP72- 2086 están tendiendo hacia el equilibrio permitiendo con ello la expansión de las variedades CP73-1547 de maduración temprana, variedad evaluada en la presente investigación, de las variedades tardías CG98-10 y Mex79-431 y de la CG98-78 de maduración intermedia-tardía (CENGICAÑA 2004).

### 2.3.2.3 Características agro-morfológicas de la variedad

#### A. Aspecto de planta

- Poco deshoje natural.
- Habito de crecimiento de tallos semi-erecto.
- Cantidad de follaje abundante y con buen cierre natural (CENGICAÑA 2004).

## B. Entrenudo

- Verde amarillento con manchas negras y presencia de cera.
- Forma de crecimiento ligeramente abarrilado.
- Tallos conformados por entrenudos ligeramente dispuestos en zigzag (CENGICAÑA 2004).

## C. Enfermedades

- Roya Naranja valor máximo 5/5 (Resistente)
- Puede presentar síntomas de Mosaico (CENGICAÑA 2004).

## D. Observaciones

- Buena capacidad de macollamiento, tallos de altura media y diámetro mediano.
- Presenta anillo ceroso.
- Floración: 50 y 15% en zona alta y zona media, respectivamente.
- Corcho: 20 y 0% en zona alta y zona media, respectivamente.
- Fibra: 13.59% en zona media (CP72-2086, 13.88% en zona media) (CENGICAÑA 2004).

VARIEDAD	ENTRENUDO	NUDO	YEMA
Mex79-431	 Abarrilado	 Cilindrico	 Ovalada
CUELLO	AURICULAS		LIGULA
 Deltoide cuadrado	 Transicional ascendente	 Lanceolada corta	 Deltoide centro romboidal

Fuente: CENGICAÑA, 2004.



## **Figura 10: Características agro morfológicas de la variedad MEX 79-431**

### **2.3.2.4 Aspectos edafo climáticos**

#### **A. Altitud**

Se encuentra a una altitud de 20 – 40 msnm estrato litoral. Considerado su ubicación geográfica (Pérez, O. 2013).

#### **B. Temperatura**

La temperatura promedio de la zona es de 30 °C con un porcentaje de humedad relativa que asciende a 84%. Siendo esta zona la más fértil por la humedad que concentra (Pérez, O. 2013).

#### **C. Precipitación pluvial**

La precipitación pluvial en la zona está distribuida en dos estaciones o época de lluvia que ocurre en un periodo entre los meses de mayo a octubre y los meses de junio y septiembre se registra las máximas cantidades de precipitación acumulada, existiendo un periodo de canícula de 15 días entre julio y agosto. La época de verano, entre octubre y mayo, coincidiendo en el periodo de zafra. La precipitación que se ha registrado actualmente en el estrato bajo de la zona cañera es de 1900 mm anuales distribuidos en gran parte en el periodo de invierno (Pérez, O. 2013).

#### **D. Zonas de vida**

Bosque húmedo tropical cálido Bhs(c) y bosque muy húmedo subtropical cálido se encuentra en la parte sur de la llanura costera del Pacífico, es una región regularmente plana, comprendida entre la línea costera y el macizo montañoso. Actualmente constituyen una región de intenso uso agropecuario y agroindustrial, destinado fundamentalmente al cultivo. Se caracteriza esta zona por la presencia de grandes sabanas y zonas con niveles freáticos altos, bosques litorales de manglar donde la fauna en general ha sido diezmada drásticamente, al extremo de que han desaparecido algunas especies (Pérez, O. 2013).

## E. Material parental

El material sobre el cual se ha desarrollado los suelos de la región cañera, esta principalmente constituido por, cenizas, lapilli, pómez y otros materiales piro clásticos, derivados de las erupciones volcánicas ocurridas en diferentes épocas (Pérez, O. 2013).

## F. Suelo

Suelos Molisoles son suelos medianamente evolucionados de perfil ABC o AC, profundos, oscuros, friables son contenidos medios y altos de MO, CIC alta y SB mayor que 50%. Se localizan en el cuerpo y parte distal de los abanico coluvio- aluviales (Pérez, O. 2013).

**Cuadro 6: Taxonomía de suelos de la zona cañera**

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
Mollisols	Udolls	Hapludolls	Cumulic Hapludolls
			Fluventic Hapludolls
			Aquic Hapludolls
			Typic Hapludolls
			Andic Hapludolls
	Ustolls	Haplustolls	Fluventic Haplustolls
			Salarthidic Haplustolls
			Pachic Haplustolls

**Fuente: Pérez O. 2013. CENGICAÑA**

## 2.4 HIPÓTESIS

Existe por lo menos un tamaño de unidad de muestreo y tamaño de la muestra, para la medición de componentes de producción del cultivo de caña de azúcar (*Sacharum spp.*) de la variedad MEX 79-431, que permita obtener estimaciones confiables y precisas

## **2.5 OBJETIVOS**

### **2.5.1 General**

Estimar el tamaño de la unidad de muestreo y de la muestra representativa para la medición de variables de producción del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*).

### **2.5.2 Específicos**

1. Evaluar de manera preliminar la unidad de muestreo representativa para estimar producción del cultivo.
2. Determinar el tamaño de la muestra representativa para los componentes de rendimiento de caña de azúcar de la variedad MEX 79-431 a nivel semi-comercial, en el estrato litoral cortadas en los meses de marzo y abril (tercer tercio de zafra)

## 2.6 METODOLOGÍA

El proceso de medición, recolección y análisis de campo se efectuó con el propósito de evaluar la hipótesis, buscando cumplir de esta manera con los objetivos establecidos en la investigación, este proceso se realizó durante el período de zafra comprendido entre los meses de febrero del 2013 a mayo del 2014.

### 2.6.1 Área de muestreo

El área de trabajo se encuentra en la Finca Buganvilla, lote 110212, el cual se ubica en el área central del estrato litoral (0 – 40 msnm), en cañales pertenecientes al tercer tercio de zafra, cortadas en los meses de marzo y abril, la variedad evaluada fue la MEX 79–431 con un año de edad, segundo corte evaluado, el lote cuenta con un total de 13.40 hectáreas. En las figura 11, 12, 13 y 14 se muestran los mapas de ubicación del ensayo.



**Figura 11: Mapa de la República de Guatemala**

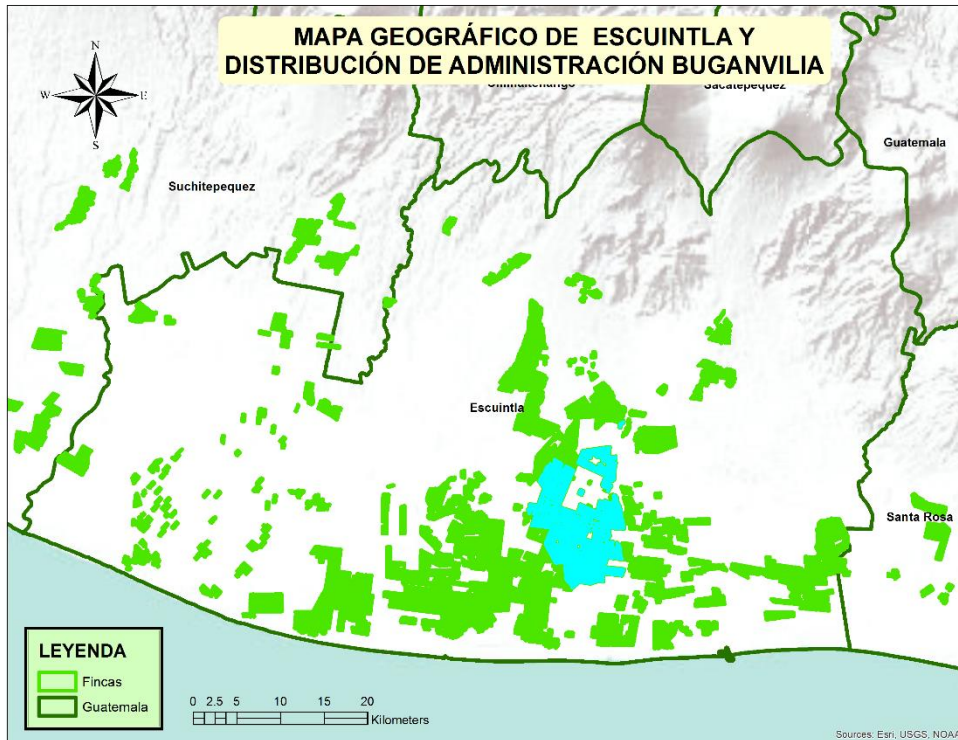


Figura 12: Mapa geográfico de Escuintla

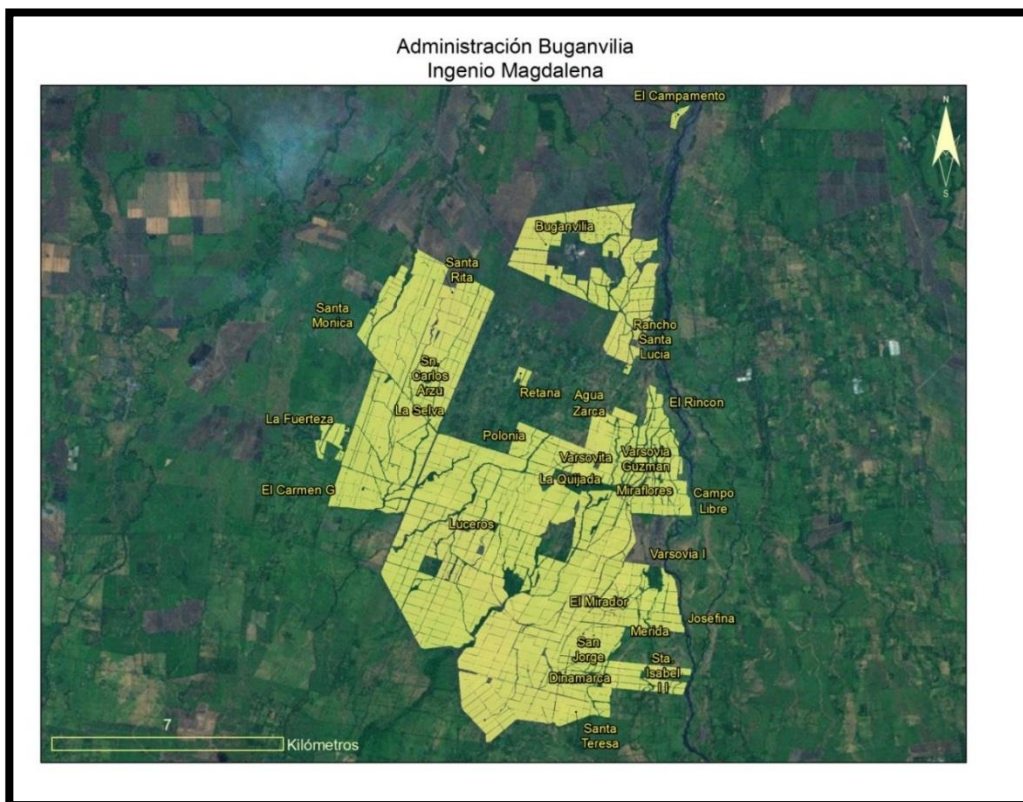
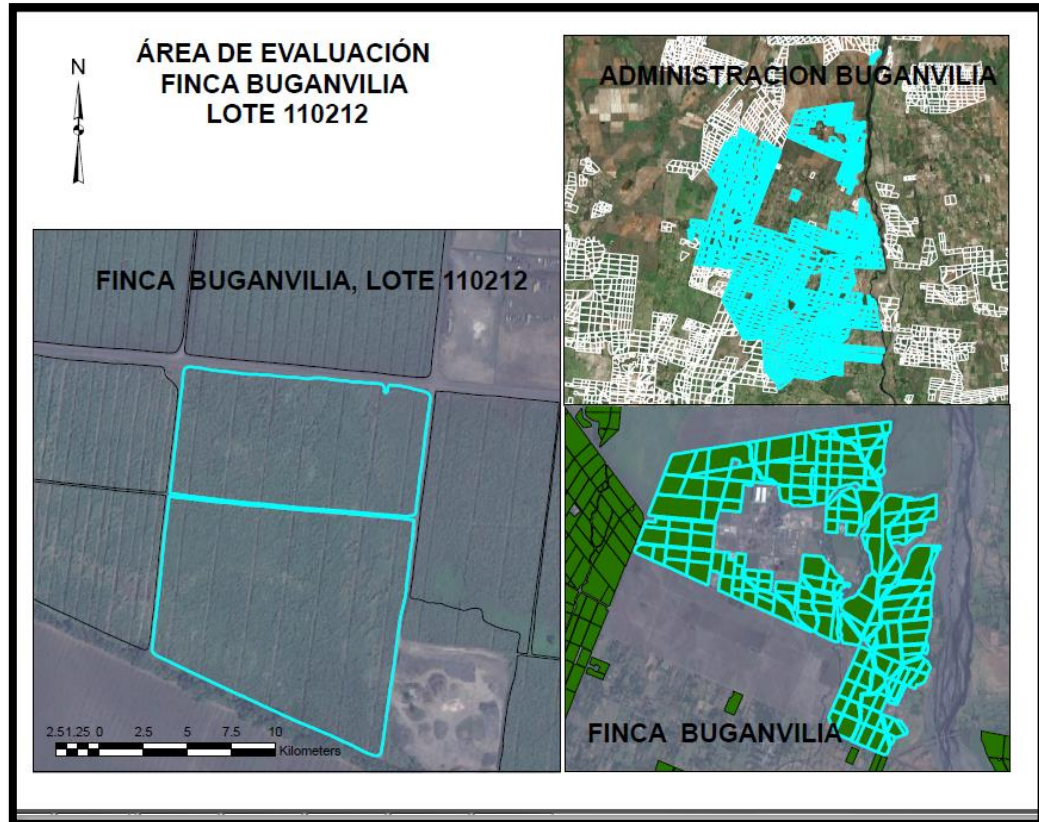


Figura 13: Mapa de Administración Buganvilia

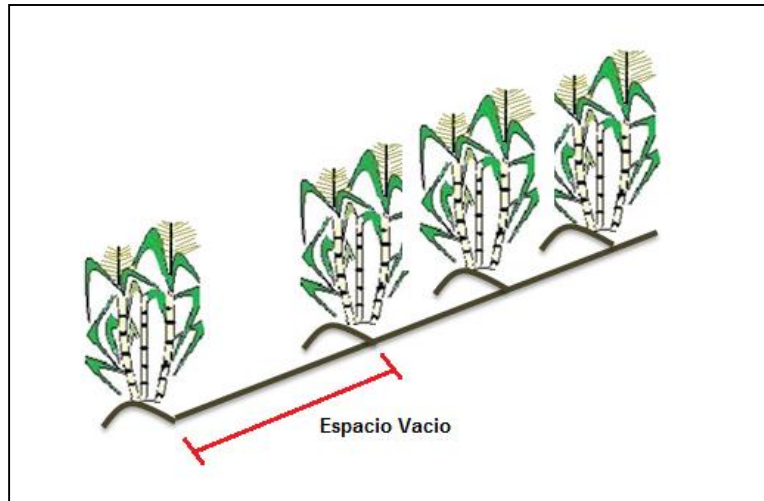


**Figura 14: Mapa de ubicación de ensayos en finca Buganvilia**

## 2.6.2 Establecimiento de puntos de muestreo y variables a medir

### 2.6.2.1 Espacios vacíos

Medición de la longitud del surco sin germinación. La toma de los datos se efectuó sobre los 30 metros lineales a los 30 días después del corte. Con cuatro estaciones de muestreo.



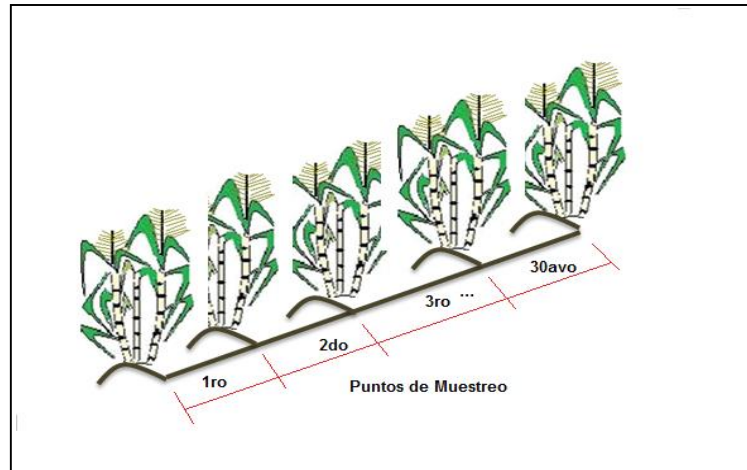
Fuente: CENGICAÑA, 2014. (4)

**Figura 15: Representación de espacios vacíos**

### 2.6.2.2 Número de tallos

Se contó el número de tallos, separando la lectura de tallos primarios, secundarios y mamones, recabando con ello el número total de tallos por metro lineal, en un total de 30 metros evaluados, considerando la información de cada metro de manera individual, para el área evaluada se establecieron cuatro estaciones para cada unidad experimental, la evaluación se efectuó a los 120 días de siembra del cultivo, momento oportuno para realizar mejoras en el cultivo buscando resolver problemas de fertilidad, densidad del cultivo, aplicación de madurante, estimado de cosecha entre otras actividades.



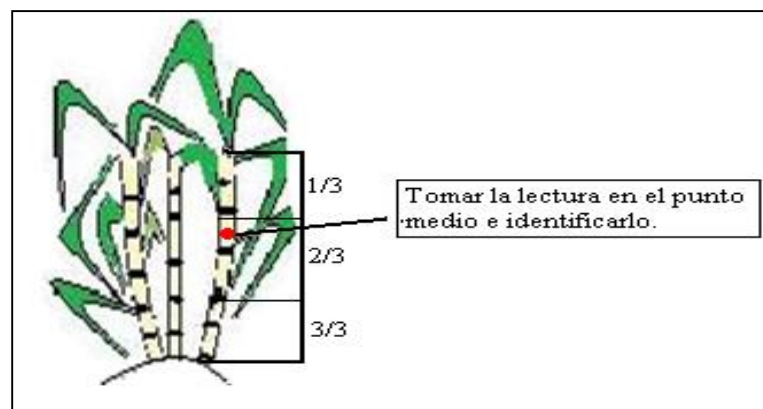


Fuente: CENGICAÑA, 2014. (4)

Figura 16: Representación del conteo de número de tallos

### 2.6.2.3 Longitud y diámetro de entrenudos

Se recabaron datos de longitud y diámetro de los entrenudos cinco, diez y quince, contabilizando desde la base del tallo. El procedimiento consistió en medir la longitud y el diámetro del entrenudo cinco, diez y quince, recabando la información metro por metro de manera individual hasta los 30 metros evaluados en cuatro repeticiones, la evaluación se efectuó a los 120 días de siembra del cultivo.

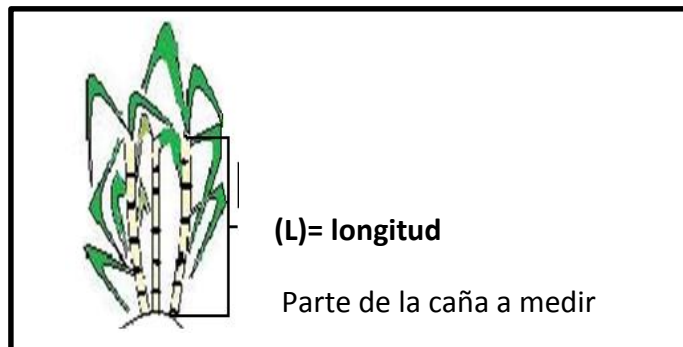


Fuente: CENGICAÑA, 2014. (4)

Figura 17: Representación de la medición de diámetro y longitud de entrenudos.

#### 2.6.2.4 Longitud del tallo

Se procedió a la medición de la longitud de cada tallo por metro lineal hasta los 30 metros evaluados a los 120 días después de siembra, separando tallos primarios, secundarios y mamones.

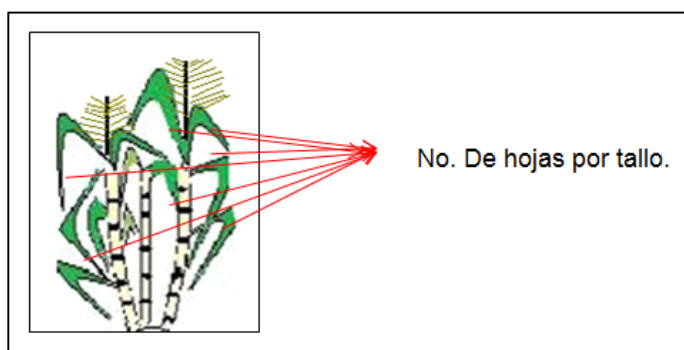


Fuente: CENGICAÑA, 2014. (4)

Figura 18: Representación de la toma de longitud del tallo

#### 2.6.2.5 Número de hojas

Se contabilizó el total de hojas por metro lineal hasta los 30 metros a los 120 días después de siembra, en cuatro repeticiones.



Fuente: CENGICAÑA, 2014. (4)

Figura 19: Representación del conteo de hojas.

### 2.6.2.6 Determinación del área de la hoja

Se procedió a la medición de la longitud y ancho de la hoja de la población total por metro, la evaluación se efectuó a los 120 días de siembra, la hoja que se evaluó fue la tercera del ápice a la base la TDV (última del cuello visible).

La fórmula utilizada para la determinación del área de la hoja fue:

$$\text{Área de la hoja} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times 0.7$$

El factor de 0.7 equivalente al 70% del área rectangular (factor de forma). Considerando que en un área completa de un rectángulo el 70 % de dicha área ocupa el área de una hoja de caña de azúcar.

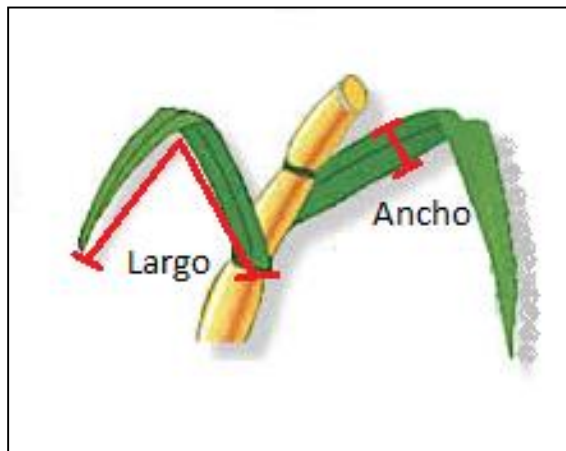


Figura 20: Medición del área de la hoja TDV (última con el cuello visible).

### 2.6.3 Resumen de muestreos de las variables evaluadas

**Cuadro 7: Resumen de muestreos**

VARIABLES	DESCRIPCIÓN DE LA TOMA DE MUESTRA
<b>Espacios Vacíos.</b>	Longitud del surco sin plantas.
<b>Número de tallos</b>	Se contó el número total de tallos, separando tallos primarios, secundarios y mamones, el procedimiento consistió en tomar el total de tallos por metro.
<b>Longitud y diámetro de entrenudos</b>	Se midió, la longitud y diámetro de los entrenudos cinco, diez y quince, contabilizando desde la base del tallo, el procedimiento consistió en medir la longitud y el diámetro del total de tallos por metro.
<b>Longitud del tallo</b>	Se procedió a la medición de la longitud del tallo, separando tallos primarios, secundarios y mamones, el procedimiento consistió en medir la longitud de cada tallo por metro.
<b>Número de hojas</b>	Se contabilizó el total de la población de hojas, contabilizando el total de hojas metro por metro.
<b>Área de la hoja</b>	Se procedió a la medición de la longitud y ancho de la hoja de la población total por metro, la hoja que se evaluó fue la tercera del ápice a la base la TDV (última del cuello visible).

En el proceso de evaluación se obtuvieron cuatro repeticiones para cada medición, considerando que se procedió a evaluar 30 metros comprendidos en una estación de muestreo, las lecturas se realizaron para espacios vacíos a los 30 días después de corte y para el resto de variables evaluadas se realizó la lectura a los 120 días después de corte

## 2.6.4 Análisis de la información para la estimación de tamaño de la unidad de muestreo y tamaño de la muestra

La variedad evaluada fue la MEX 79-431, el lote de caña se encuentra ubicado en la Finca Buganvilia de la administración Buganvilia. Los datos se recolectaron para espacios vacíos a los 30 días después de siembra y el resto de variables evaluadas los datos se tomaron a los 120 días después de la siembra. La evaluación se realizó en un área lineal de 30 metros con cuatro repeticiones repartidas aleatoriamente en el lote de caña, los datos fueron recolectados de metro en metro hasta los treinta metros para cada una de las repeticiones.

## 2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 2.7.1 Tamaño de la unidad de muestreo

El proceso de evaluación del tamaño de unidad de muestreo se efectuó por medio del método de máxima curvatura. Es importante recordar que los resultados son preliminares, los cuales son representativos para la variedad MEX 79-431, para corte en los meses de marzo y abril (tercer tercio de corte), en un suelo molisol del estrato litoral, para soca 1 (segundo año de corte).

#### 2.7.1.1 Cuadro de resumen del tamaño de unidad de muestreo

**Cuadro 8: Resumen del tamaño de unidad de muestreo**

Variable Medida	Ecuación de Regresión	Tamaño Óptimo Estimado (mt)	Explicación
Número de Tallos	$y = 22.356x^{-0.049}$ $R^2 = 0.6812$	1	Para la evaluación de número de tallos se debe de contabilizar un metro lineal como tamaño de unidad de muestreo. Siendo explicado el modelo con un 68 %.

Variable Medida	Ecuación de Regresión	Tamaño Óptimo Estimado (mt)	Explicación
<b>Número de tallos primarios</b>	$y = 31.048x^{-0.356}$ $R^2 = 0.7001$	6	Para la estimación de Tallos Primarios se debe de considerar seis metros lineales de tamaño de unidad de muestreo, el 70.01% de la variable total es explicada por el modelo.
<b>Número de Hojas</b>	$y = 30.918x^{-0.316}$ $R^2 = 0.8233$	6	Para la estimación de Número de Hojas se debe de considerar 6 metros lineales de tamaño de unidad de muestreo, el 82.33% de la variable total es explicada por el modelo.
<b>Espacios vacíos</b>	$y = 134.66x^{-0.738}$ $R^2 = 0.5931$	15	Para la estimación de Espacios Vacíos se deben considerar 15 metros lineales. El 59.31 % de la variable total es explicada por el modelo.
<b>Área de la hoja</b>	$y = 46.071x^{-0.169}$ $R^2 = 0.9669$	6	Para el área foliar se deben de evaluar 6 metros lineales, para realizar una estimación explicada con el 96.69 % de la variable total. Considerando el dato del coeficiente de determinación optimo ya que supera el 80 %.
<b>Diámetro del quinto entrenudo</b>	$y = 7.0194x^{-0.087}$ $R^2 = 0.5914$	1	Para la estimación del diámetro del quinto entrenudo es necesario evaluar solo 1 metro lineal. El 59.14 % de la variable total es explicada por el modelo.
<b>Largo del quinto entrenudo.</b>	$y = 8.7107x^{-0.006}$ $R^2 = 0.0097$		El método de máxima curvatura no se adecua a las condiciones de variabilidad en campo para la evaluación de la longitud del quinto entrenudo.

Variable Medida	Ecuación de Regresión	Tamaño Óptimo Estimado (mt)	Explicación
<b>Diámetro del décimo entrenudo.</b>	$y = 7.5354x^{0.0046}$ $R^2 = 0.0004$		El método de máxima curvatura no se adecua a las condiciones de variabilidad en campo para la evaluación del diámetro del décimo entrenudo.
<b>Largo del décimo entrenudo</b>	$y = 6.259x^{0.0021}$ $R^2 = 0.0007$		El método de máxima curvatura no se adecua a las condiciones de variabilidad en campo para la evaluación de la longitud del décimo entrenudo.
<b>Diámetro del quinceavo entrenudo.</b>	$y = 8.5364x^{-0.069}$ $R^2 = 0.8046$	1	Para la estimación del diámetro del quinceavo entrenudo se debe de evaluar 1 metro lineal, el modelo se ajusta en un 80.46%.
<b>Largo del quinceavo entrenudo</b>	$y = 14.27x^{-0.085}$ $R^2 = 0.7738$	1	Para el largo del quinceavo entrenudo se establece que el tamaño de muestreo corresponde a un 1 lineal, esta estimación es explicada con el 77.3 %.

El análisis de varianza de la regresión se realizó con el propósito de estimar el ajuste del modelo de la máxima curvatura que fue aplicado sobre los coeficientes de variación para cada una de las variables evaluadas, comparando metro por metro, para la estimación del tamaño de la unidad, el cual fue definido por el punto donde la primera derivada es igual a -1.

Para las variables número de tallos primarios, número de hojas y área foliar deben evaluarse 6 metros lineales, para espacios vacíos se deben evaluar 15 metros lineales para número de tallos totales, diámetro del quinto entrenudo, largo y diámetro del quinceavo entrenudo se debe evaluar 1 metro lineal. Al evaluar los resultados obtenidos para las variables largo del quinto entrenudo, largo y diámetro del décimo entrenudo el coeficiente de determinación

es muy bajo por tanto el modelo de máxima curvatura no se adecua a las características de estas variables, esto debido a la poca variabilidad que presentan en campo, recomendándose de esta manera la evaluación para su determinación con otros métodos de estimación.

### 2.7.2 Calculo del tamaño de la muestra representativa

Se estimó el tamaño de la muestra representativa, a través de la siguiente formula, tomando en cuenta la ecuación para poblaciones finitas.

$$n = \frac{Ns^2Z_{1-\alpha}^2}{(N-1)e^2 + s^2Z_{1-\alpha}^2}$$

En que:

$n$  = Tamaño de la muestra definitiva

$N$  = Tamaño de la población

$Z$  = El valor de la distribución  $Z$  para un nivel de confianza de  $1 - \alpha$

$s^2$  = Varianza obtenida con la muestra piloto

$e$  = Precisión del estimador de interés (en este caso, la media)

Nota: Los valores más frecuentes utilizados para representar la confiabilidad son: 1.65, 1.96, 2.58, los cuales equivalen al 90%, 95% y 99% de confianza, respectivamente.



### 2.7.3 Resultados de cálculo del tamaño de la muestra

#### 2.7.3.1 Tamaño de la muestra para estimación de la población en caña de azúcar

**Cuadro 9: Resultados del cálculo del tamaño de la muestra para 10 hectáreas**

Variable	Tamaño de Unidad de Muestreo	TAMAÑO DE MUESTRA			
		ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
No de Tallos Totales	1	5	14	6	35
No de Tallos Primarios	6	4	11	3	19
Espacios Vacíos	15	1	34	52	17
No de Hojas	6	13	9	9	16
Área Foliar	6	25	44	12	8
Diámetro 5to	1	4	4	4	3
Diámetro 15vo	1	3	3	7	2
Longitud 15vo	1	13	13	12	23

En la actualidad para la toma de espacios vacíos no se cuenta con un tamaño de muestra por lo tanto los datos son recolectados por el responsable según conveniencia, se realizó un muestreo exploratorio para la variedad MEX 79-431 cortados en los meses de marzo-abril, definiendo con ello un tamaño de unidad de muestreo de 15 metros con 34 repeticiones, estos datos deben ser recolectados como máximo a los 35 días después de corte, por la variabilidad que se obtuvo en el resultado final se recomienda validar los resultados obtenidos para la medición de espacios vacíos. Para número total de tallos, número de tallos primarios, número de hojas, área foliar, diámetro y altura del quinto y quinceavo entrenado se definió un tamaño de unidad de muestreo de 6 metros lineales y 12 repeticiones, permitiendo una estimación confiable y precisa para 10 hectáreas, evaluadas con una confiabilidad de 95 % y un error relativo del 5%. Es importante

considerar la distribución adecuada de la muestra en campo, buscando realizar un muestreo completamente aleatorizado.

## 2.8 CONCLUSIONES

- El tamaño de la unidad de muestreo adecuado para la estimación de espacios vacíos es de 15 metros lineales tomados a los 35 días después de siembra. Para la evaluación de número de tallos totales, número de tallos primarios, número total de hojas, área foliar, longitud y diámetro del quinto y quinceavo entrenudo, el tamaño de muestra adecuado para su estimación es de 6 metros lineales, recolectados a los 120 días después de corte.
- En base a los resultados de la investigación, el tamaño de muestra adecuado para una estimación con el 95 % de confiabilidad y un error relativo del 5 %, para espacios vacíos, es de 34 repeticiones recolectadas a los 35 días después de corte para una estimación confiable y precisa de espacios vacíos. Para la estimación de número de tallos totales, número de tallos primarios, número total de hojas, área foliar, longitud y diámetro del quinto y quinceavo entrenudo, el tamaño de la muestra es de 12 repeticiones evaluadas a los 120 días de corte.

## 2.9 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la presente evaluación en condiciones diferentes, tales como otras variedades, número de cortes, edad de corte, estrato altitudinal y época de corte.
2. Validar los resultados actuales en condiciones similares utilizando nuevas tecnologías como la utilización de imágenes infrarrojas con la finalidad de adoptar nuevas tecnologías evaluadas en campo.

## 2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. Barrientos García, M. 1981. Evaluación de 4 métodos para la determinación de tamaño y forma óptima para experimentación agrícola. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 79 p.
2. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala. 137 p.
3. \_\_\_\_\_. 2004. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Guatemala. 41 p.
4. \_\_\_\_\_. 2014. Variedades en expansión y promisorias de caña de azúcar para la agroindustria azucarera Guatemalteca. Guatemala. 20 p.
5. Gonçalves, JA. 1989. Comparação entre métodos expeditos para estimativa de peso de parcelas em ensaios com cana-de-açúcar. Brasil, COPERSUCAR. 5 p. (Boletín Técnico no. 45).
6. Loma, JL De la. 1966. Experimentación agrícola. 2 ed. México, UTHEA. 493 p.
7. Mendenhall, W. 1987. Introducción a la probabilidad y la estadística. Trad. Carlos Segami. 2 ed. México, Iberoamericana. 626 p.
8. Melgar Morales, MF. s.f. Regresión lineal simple y correlación. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 9 p.
9. Orozco V, H; Rosales L, F; Catalán, M. 2011. Censo de variedades de caña de azúcar en Guatemala de la zafra 2011-2012 y proyecciones al 2015. In Memoria presentación de resultados de investigación zafra 2010-11. Guatemala, CENGICAÑA. 50-65 p.
10. Pérez, O. 2013. Diplomado de ingeniería cañera: Características generales de los suelos de la zona cañera de Guatemala. Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala, CENGICAÑA. 41 diapositivas.
11. Quemé, JL. 2013. Variables de desarrollo de caña de azúcar (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar.
12. Scheaffer, RL; Mendenhall, W; Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. Trad. por Gilberto Rendón Sánchez y José Roberto Gómez Aguilar. México, Iberoamericana. 321 p.
13. Soto, G; Orozco, H; Ceballos, L. 1999. Censo de variedades de caña de azúcar en

Guatemala: análisis cuantitativo de las últimas dos décadas y comparación con otras industrias azucareras. Guatemala, CENGICAÑA. 27 p. (Documento Técnico no. 16).

17. Spiegel, MR. 1982. Estadística. Trad. por José Gómez y Alberto Losada V. 2 ed. México, McGraw-Hill. 577 p. (Serie Compendios Schaum).
18. Subirós, RF. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José, Costa Rica, EUNED. 443 p.

Bo. Rolando Barrios





### **CAPÍTULO III**

**SERVICIOS PRESTADOS AL INGENIO MAGDALENA S.A DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA**

### 3.1 PRESENTACIÓN

El presente documento fue realizado en la fase de Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S) de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, comprendido en los meses de febrero a noviembre. Los servicios con los cuales se contribuyó a al ingenio Magdalena durante el periodo de ejecución del ejercicio profesional supervisado, realizado en el año 2013, fueron enfocados principalmente a brindar soluciones a problemas detectados en el diagnostico previamente realizado. Se detalla la información de los servicios prestados en dicho periodo, los cuales fueron realizados en el municipio de la Democracia, del Departamento de Escuintla, Guatemala, C.A.

El primer servicio se dirigió a la evaluación de pérdidas de caña en corte y alce, esto derivado a la discrepancia actual en el proceso de evaluación ya que se consideran dos métodos de evaluación propuestos por campo y cosecha, para ello se evaluaron los parámetros que se consideran como factores de perdida, con la evaluación de ambos métodos se buscó establecer una propuesta por parte de investigación agrícola. El objetivo principal de la investigación fue estimar las pérdidas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en relación a un tamaño de muestra y número de estas por área que permitan determinar las toneladas perdidas por hectárea.

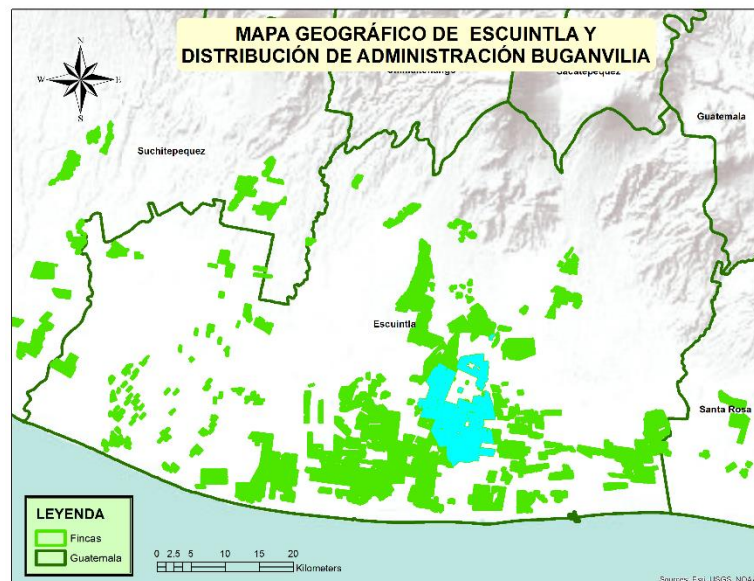
Con fines de aumentar los rendimientos de producción de caña por hectárea e incrementar los rendimientos de azúcar por tonelada de caña, se planteó el segundo servicio el cual se enfocó en la aplicación de agricultura de precisión en relación a la dosificación de fertilizantes según dosis requerida.



### 3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

Una elevada producción de caña, deja como ventana un margen de déficit de calidad en los procesos agrícolas, por tanto se considera la aplicación a tasa variada de nutrientes para la planta según requerimientos, de esta manera se asegura un crecimiento sostenible del cultivo, siendo este un proceso importante en la iniciación del cultivo pero es fundamental reducir pérdidas en el proceso de recolección del cultivo es por ello que el hecho de determinar el tonelaje perdido por hectárea permite una constante evaluación del proceso, pero al existir discrepancia con los factores y los parámetros de ellos a ser evaluados, es necesario realizar una evaluación pareada con la finalidad de unificar parámetros en busca de establecer una nueva metodología.

Por lo anterior se realizó una serie de evaluaciones en campo. Encontrándose las evaluaciones, en el municipio de La Democracia, Escuintla. En el kilómetro 99.5 carretera a la Gomera, a 107 km aproximadamente de la ciudad de Guatemala, situada a  $90^{\circ} 56' 52''$  longitud Oeste y a  $14^{\circ} 1' 44''$  latitud Norte. Área que está caracterizada por una precipitación que va de 2000 a 4000 mm anuales y una temperatura mayor a los  $24^{\circ}\text{C}$  (CENGICAÑA 1996).



**Figura 21: Mapa geográfico de Escuintla.**

### 3.3 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con el Departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena, en la investigación de estimación de pérdidas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en relación a un tamaño de muestra y número de estas por área que permitan determinar las toneladas de caña perdidas por hectárea. Se buscó implementar evaluaciones nutricionales por lote que permitan la aplicación de tasa variada, según requerimientos de la planta y disponibilidad de nutrientes en el recurso suelo.

### **3.4 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CORTE Y ALCE, CON FINES DE DETERMINACIÓN DE TAMAÑO Y NÚMERO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS, PARA LA ESTIMACIÓN DE PERDIDAS DE TONELADAS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*), POR HECTÁREA.**

#### **3.4.1 Definición del problema**

El control y manejo de caña de azúcar son actividades que influyen en la obtención de una adecuada producción, por lo cual realizarlas de una manera consiente y adecuada es de vital importancia, por tanto el proceso de corte y alce es fundamental que los frentes de corte cuiden de este proceso con fines de optimizar los recursos.

La investigación dedicada al cultivo de caña de azúcar, durante las últimas zafas se ha enfocado principalmente al desarrollo de proyectos como evaluación de métodos agrícolas apropiados para la agroindustria azucarera, como variedades adecuadas a las condiciones edafo-climáticas del país, diagnóstico y control de enfermedades, manejo integrado de plagas, uso y manejo óptimo de fertilizantes, manejo de suelo, uso óptimo del agua de riego entre otras actividades. Tomando en cuenta la falta de homogeneidad en los factores implicados en la producción, heterogeneidad propia de los suelos en las regiones cañeras de la costa sur de Guatemala.

Es fundamental definir como punto de investigación la evaluación de caña perdida en el proceso de corte y alce, ya que estos dos factores afectan considerablemente a la producción final de un área determinada, afectando de esta manera el tonelaje de caña por hectárea.

### **3.4.2 Objetivos**

#### **3.4.2.1 General**

Determinar el tamaño y número de muestra representativa para la estimación de pérdidas en caña de azúcar (*Saccharum spp*), durante el proceso de corte y alce, en la zona central de producción del Ingenio Magdalena.

#### **3.4.2.2 Específicos**

1. Determinar el tamaño de la unidad de muestreo que establezca la representatividad de las pérdidas por hectárea en relación al proceso de corte y alce en caña de azúcar (*Saccharum spp*).
2. Determinar el número de muestras que definan la representatividad de las pérdidas por hectárea en relación al proceso de corte y alce en caña de azúcar (*Saccharum spp*).

### **3.4.3 Metodología**

#### **3.4.3.1 Materiales y equipo**

Los materiales y equipo que se utilizaron para el desarrollo de la data de investigación son:

- Rafia
- Estacas
- Boletas de campo
- Calculadora
- Pesa
- Maquinaria
- Etiquetas
- GPS
- Maestro de lotes
- Metro
- Estimado de producción
- Cuotas del frente
- Secuencia de corte

#### **3.4.3.2 Área de muestreo**

La selección del área de muestreo se efectuó por medio de datos de movimientos de cosecha en relación al área, la cual debía cumplir los requisitos de presentar doble zanateo (recolección de la caña dejada en campo, esto efectuado por el frente de alce) para evitar sobre estimar los datos recolectados.

Delimitación del área a muestra en la cual se trabajó con una evaluaciones de 5 a 10 Ha. Considerando parcelas de 10 x 9 mt, 10 x 54 mt, 50 x 72 mt, 72 x 70mt.

### 3.4.3.3 Muestreos

- Finca Luceros Frente 7
- Finca Luceros Frente 1
- Finca Luceros Frente 1
- Finca Santa Rita Frente 1
- Finca Monterey Frente 4
- Finca la Felicidad Sector III Frente 5 (5Ha)
- Finca la Felicidad Sector III Frente 5 (5Ha)
- Finca la Felicidad Sector III Frente 5(5Ha)
- Finca Holanda Frente 5 (10 Ha)

### 3.4.3.4 Variables a medir

#### A. Pérdidas en corte

- **Caña dejada por corte alto:** El tocón no permisible es la extensión mayor a 2.5 cm de caña dejada en la cepa después del corte, se recomienda al realizar el corte dejar a ras del suelo. Para la evaluación se procedió a cortar lo más cercano posible al suelo todo lo dejado en campo, separando aquello que estuviese por arriba de dicha longitud y pesarlo como factor generador de perdida, considerando la evaluación en parcelas de 10 x 9 mt, 10 x 54 mt, 50 x 72 mt y 70 x 72 metros.
- **Caña Pegada:** Se determinó como caña pegada toda aquella caña moledera dejada pegada en la cepa, se evaluaron parcelas de 10 x 9 mt, 10 x 54 mt, 50 x 72 mt y 70 x 72 metros.
- **Caña Picada:** Se tomó como caña picada toda caña en ambos extremos, se evaluaron parcelas de 10 x 9 mt, 10 x 54 mt, 50 x 72 mt y 70 x 72 metros.

- **Caña En Chorra De Basura:** Se consideró toda caña moledera hasta el punto de quiebre (cogollo) dejada en la chorra de basura. Tomando en cuenta que se es permisible dejar en campo dos entrenudos por debajo del punto de quiebre, por tanto en campo se colectó toda caña moledera separando posteriormente los dos entrenudos permisibles y lo que no es permisible, procediendo a pesar por separado para definir las toneladas de caña perdidas por hectárea, se evaluaron parcelas de 10 x 9 mt, 10 x 54 mt, 50 x 72 mt y 70 x 72 metros.

### B. Pérdidas en alce

- **Caña Machucada y Quebrada:** Es la caña moledera que ha sido quebrada y machucada por el proceso de alce, en esta se recolecto toda caña moledera que presentó estas características, se evaluaron parcelas de 10 x 9 mt, 10 x 54 mt, 50 x 72 mt y 70 x 72 metros.
- **Caña Larga o Entera:** Se recolecto toda caña moledera mayor de 1 metro, dejada tirada en el campo, se evaluaron parcelas de 10 x 9 mt, 10 x 54 mt, 50 x 72 mt y 70 x 72 metros.

### 3.4.4 Análisis de la información

#### 3.4.4.1 Supuestos

1. Relación lineal entre el tamaño de la muestra ( $x$ ) y el número de muestras a tomar ( $y$ ). con relación a las toneladas de caña perdidas por hectárea.
2.  $E_i \sim NI(0, \sigma^2)$ ; para las pérdidas reales ( $x$ ), las pérdidas estimadas están normal e independientemente distribuidas con relación a la evaluación del tamaño de muestra y número de muestras a considerar con media 0 y varianza  $\sigma^2$ .

### 3.4.5 Resultados o evaluación

#### 3.4.5.1 Parámetros considerados como pérdida por corte



Figura 22: Parámetros de pérdidas de caña por corte.



### 3.4.5.2 Parámetros considerados como pérdida por alce

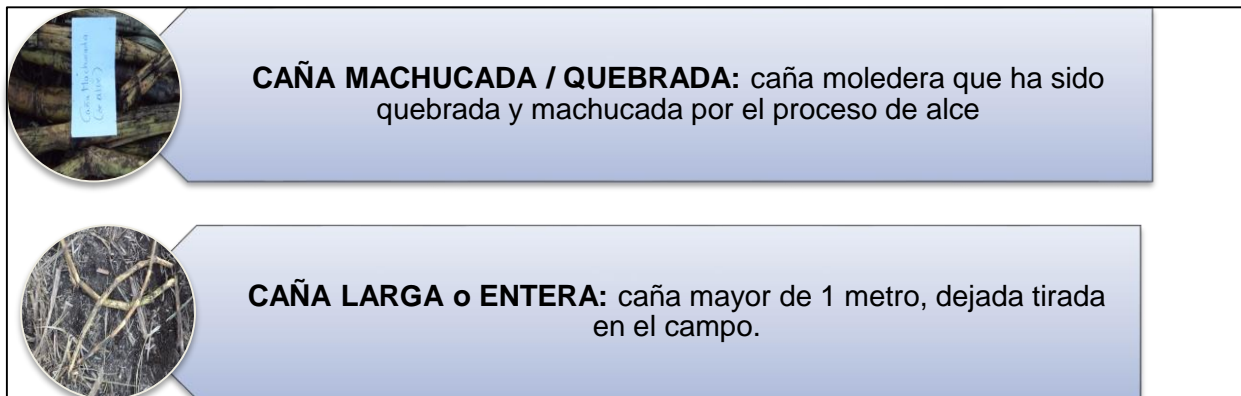


Figura 23: Factores de pérdida de caña por alce

### 3.4.6 Metodología de muestreo



Figura 24: Metodología de muestreo

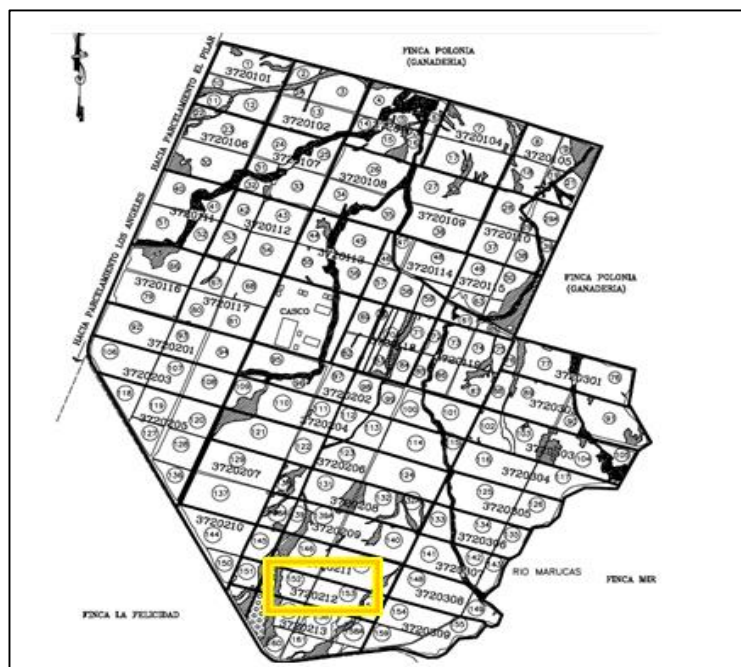
### 3.4.7 Indicadores de calidad

**Cuadro 10: Indicadores de calidad**

Parámetros	Óptimo Cosecha	Óptimo Campo
Perdida de caña en la chorra de basura	0.10 Ton/Ha	0.10 Ton/Ha
Perdidas de Caña en Tocón alto	0.05 Ton/Ha	0.10 Ton/Ha
Perdidas de Caña Después del Alce (Caña Machucada/ Quebrada, Caña Larga).	0.90 Ton/Ha	0.80 Ton/Ha
Caña Picada	0.10 Ton/Ha	-----
<b>TOTAL</b>	<b>1.15 Ton/Ha</b>	<b>1 Ton/Ha</b>

### 3.4.8 Determinación del Tamaño de Muestra

- A. Se presenta el área de estudiada para la determinación del tamaño de muestra de 90 mt<sup>2</sup>, realizado en la finca Luceros, con un área de 6.98 hectáreas. El pante de estudio fue el 153, el cual fue cortado por el frente siete.



**Figura 25: Área de evaluación**

### 3.4.8.1 Factores determinados como perdida en Corte

#### A. Tocón

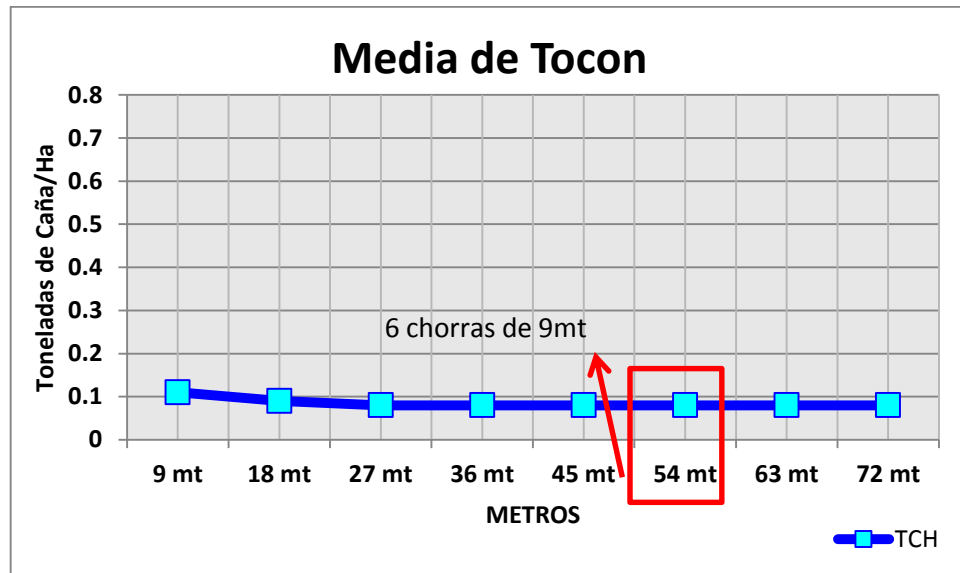


Figura 26: Media de Tocón

#### B. Caña picada

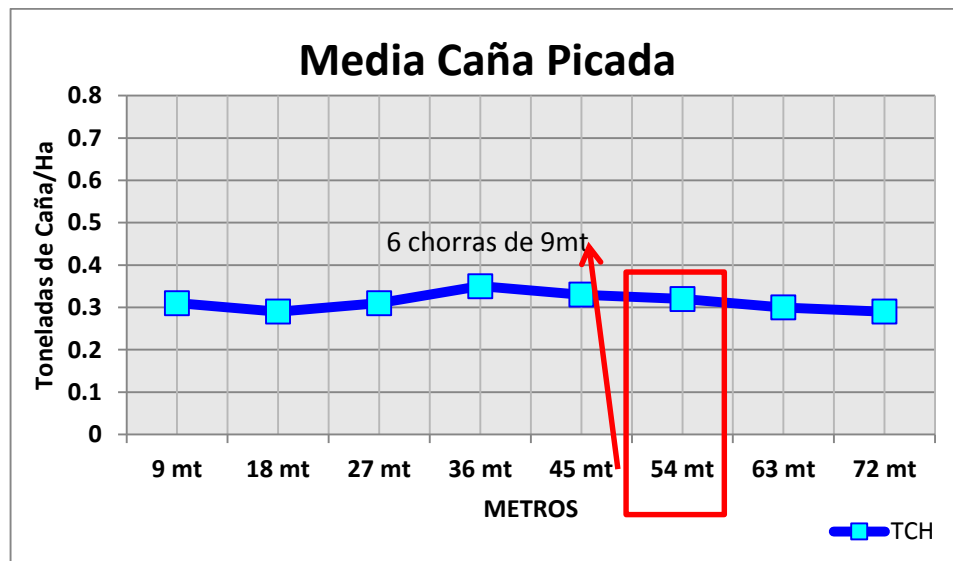


Figura 27: Media Caña Picada

### C. Caña chorra de basura

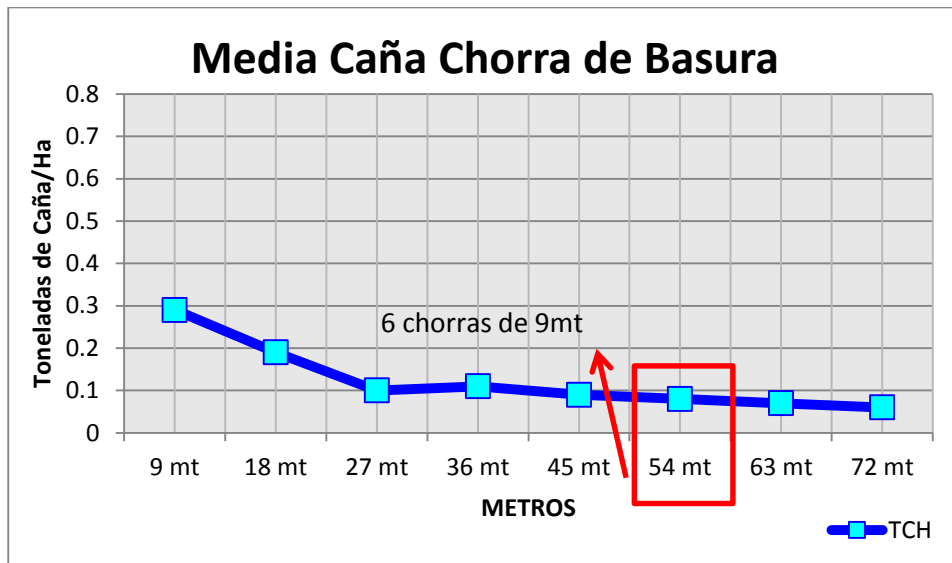


Figura 28: Media Chorra de Basura

### 3.4.8.2 Factores determinados como perdida en Alce

#### A. Caña entera

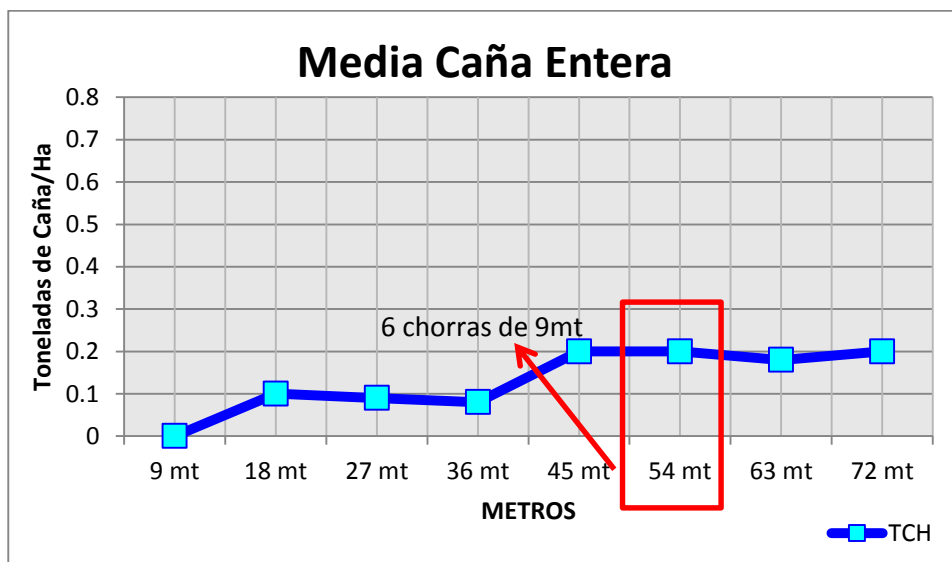
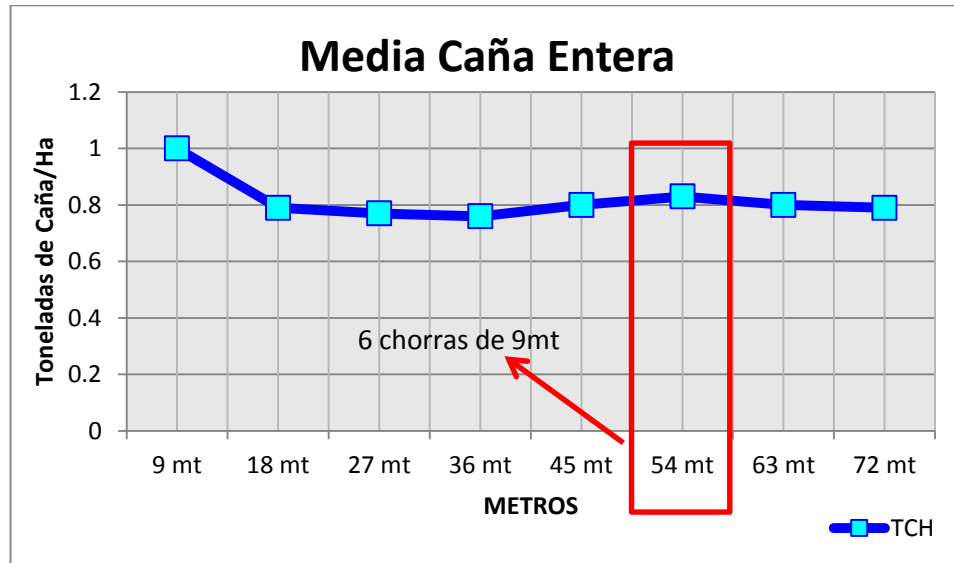


Figura 29: Media caña entera

## B. Caña machucada



**Figura 30: Media caña machucada**

Para las condiciones antes evaluadas si se considera un tamaño que recoja ambos factores el tamaño de la muestra a considerar sería de 10 mt de largo \* 54 mt de ancho este dato sobre estima el tamaño para factores de pérdidas en corte ya que en este parámetro alcanza estabilidad en un tamaño de 10 mt de largo \* 27 mt de ancho.

### 3.4.9 Validación Tamaño de Muestra

Según la evaluación realizada del tamaño de muestra realizado en la Finca Monterrey, en un área de evaluación de 5.5 hectáreas en el lote 3750103. Para ello los resultados obtenidos fueron que para los 540 metros cuadrados se encuentre el área más representativa con un coeficiente de variación bajo. Económicamente es factible evaluar un área de 540 metros cuadrados que un área de 810 metros cuadrados, siendo estas las más cercanas a la pérdida reportada por el lote total.

Cuadro 11: Resumen de Variables de Perdidas en Corte y Alce

Variable	05 * 54		10 * 54		15 * 54	
	Media	C.V.	Media	C.V.	Media	C.V.
Caña Basura No Permissible	0.04	54.07	0.01	31.53	0.02	77.47
Tocon No Permissible	0.01	41.27	0.03	51.30	0.01	85.67
Caña Picada	0.16	34.79	0.13	40.63	0.25	47.12
Caña Pegada	0.05	72.02	0.02	75.85	0.02	75.28
Caña Machucada	0.50	38.58	0.75	21.53	0.58	34.39
Caña Entera	0.03	29.80	0.09	21.09	0.14	25.80
SUMA	0.80		1.03		1.04	
PROMEDIO	0.13	45.09	0.17	40.32	0.17	57.62

## 3.4.9.1 Factores determinados como perdida en corte

## A. Tocón

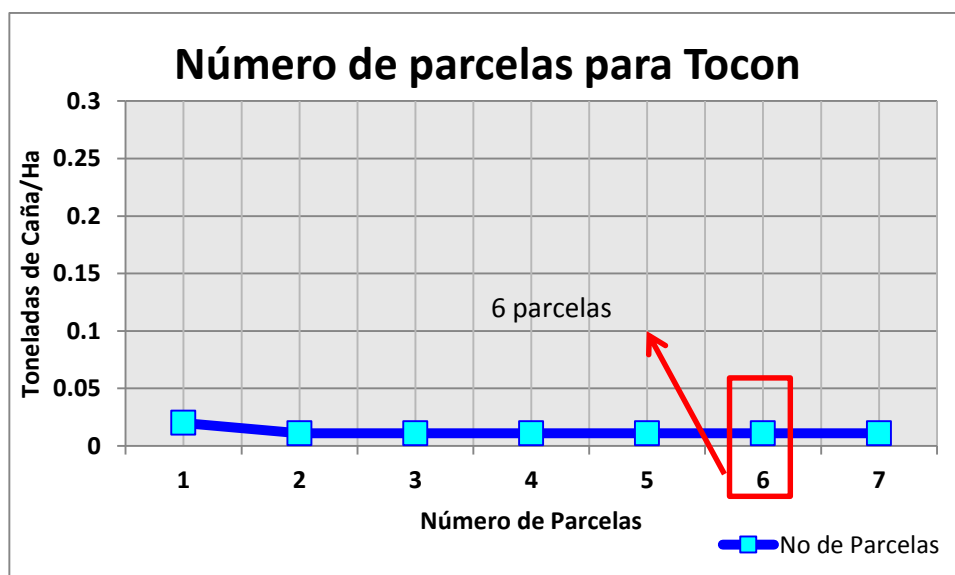


Figura 31: Media de Tocón

## B. Caña Pegada

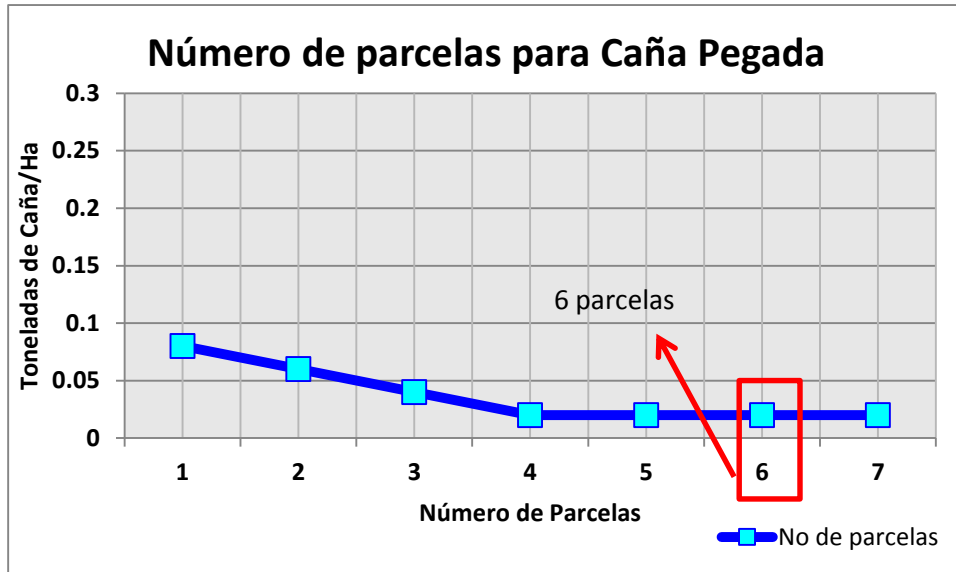


Figura 32: Media Caña Pegada

## A. Caña Picada

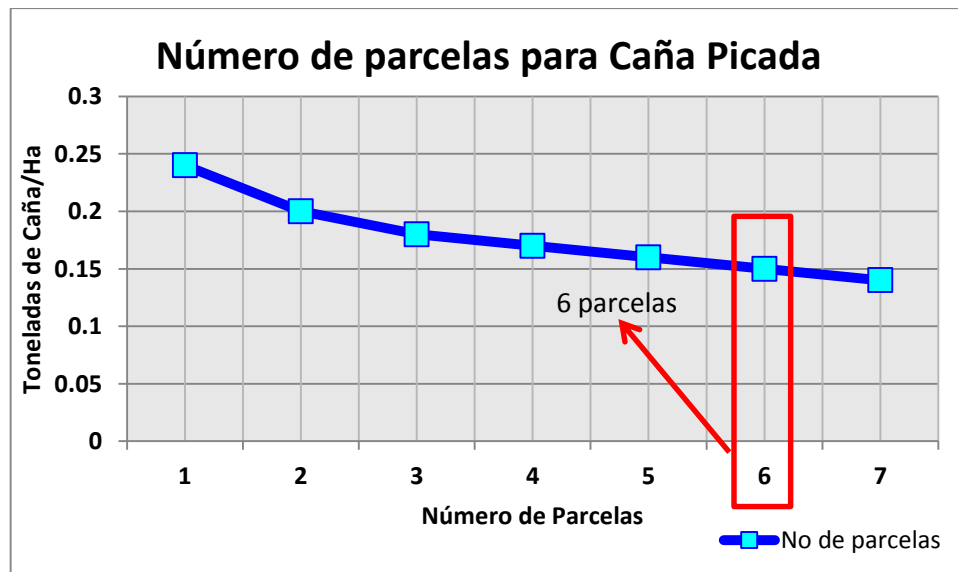
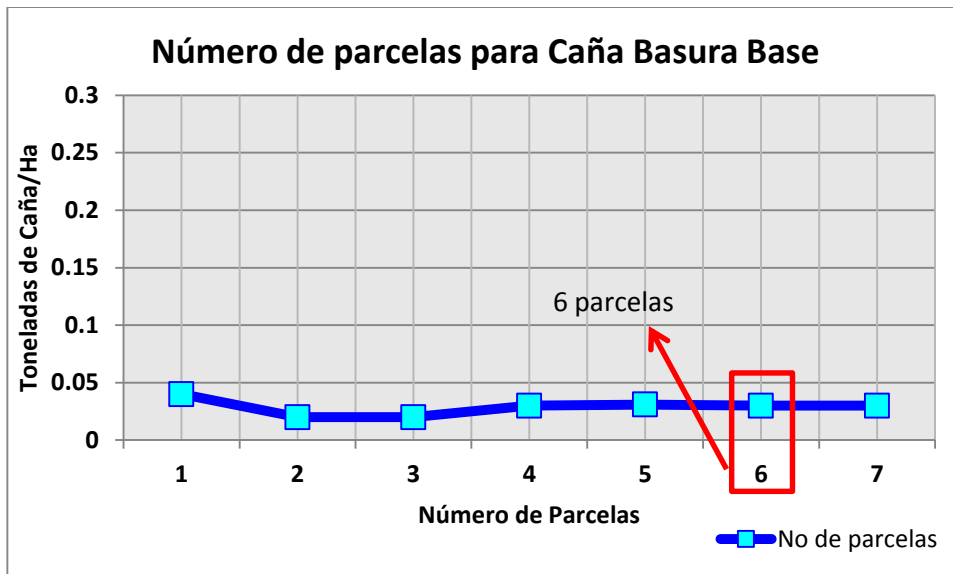


Figura 33: Media Caña Picada

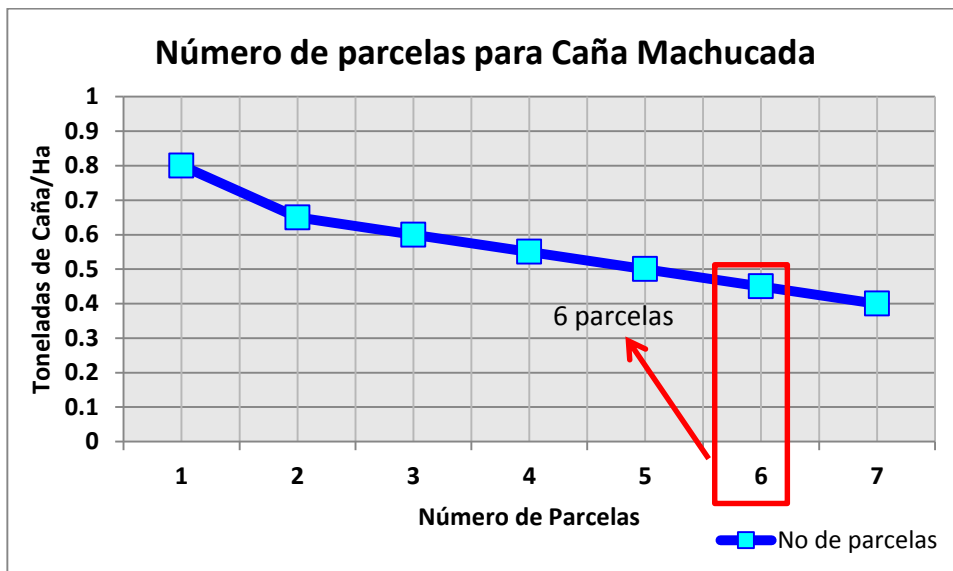
## B. Caña Basura Base



**Figura 34: Media Caña Basura**

### 3.4.9.2 Factores Determinados Como Perdida En Corte

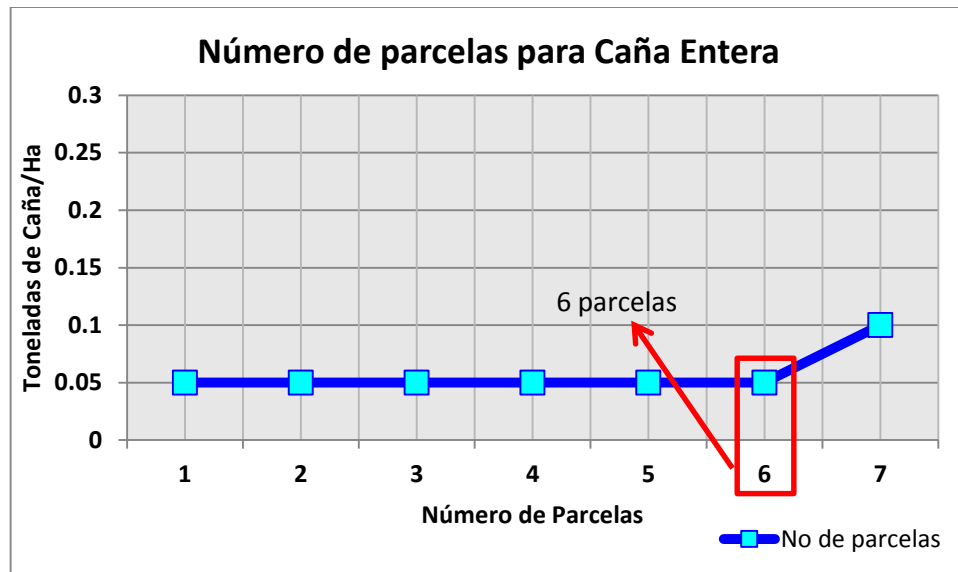
## A. Caña Machucada/quebrada



**Figura 35: Media Caña Machucada**



## B. Caña Entera



**Figura 36: Media Caña Entera**

### 3.4.10 Determinación del número de muestras en 10 hectáreas

$$n = \frac{N\sigma z^2}{Ne^2 + \sigma z^2}$$

En que:

$n$  = Tamaño de la muestra definitiva

$N$  = Tamaño de la población

$Z^2$  = El valor de la distribución Z para un nivel de confianza de  $1 - \alpha$

$\sigma$  = Varianza de la variable de interés

$e$  = Precisión del estimador de interés (en este caso, la media)

### 3.4.10.1 Número de Muestras en 10 Ha según metodología departamento de investigación

**Cuadro 12: Número de muestras en 10 hectáreas**

<b>Determinación de número de muestras a una confiabilidad del 0.95</b>	
Caña Basura Punta	0.00
Caña Basura Base	0.00
Tocón No Permisible	0.07
Tocón Permisible	0.01
Caña Picada	0.00
Caña Pegada	0.25
Caña Machucada	1.85
Caña Entera	0.03

Por tanto se recomienda tomar dos muestras en 10 hectáreas, de quinientos cuarenta metros cuadrados, cada una.

**3.4.10.2 Primer comparativo de pérdidas de corte y alce en Finca La Felicidad, cortado por el frente 5.**

**Cuadro 13: Resumen Primer Comparativo**

	MUESTRAS						Media	Desviación	C.V.	Diferencia %
	1	2	3	4	5	6				
Parcelas de 3600mt <sup>2</sup>	0.48	0.43	1.45				0.78	0.58	73.09	
Parcelas de 10 x 54	1.99	2.43	1.41	2.50	1.59	1.46	1.89	0.48	25.59	142.31
Parcelas De Cosecha	2.27	1.59	4.57	1.68	5.22		3.06	1.70	55.62	292.31
Parcelas De Campo	8.08	3.42					5.71	3.29	57.30	632.05

**3.4.10.3 Segundo comparativo de pérdidas de corte y alce en Finca La Felicidad, cortado por el frente 5.**

**Cuadro 14: Resumen Segundo Comparativo**

	MUESTRAS					Media	Desviación	C.V.	Diferencia %
	1	2	3	4	5				
Parcelas de 3600mt <sup>2</sup>	1.41	1.18	1.39	1.24	1.19	1.28	0.11	8.73	
Parcelas de 10 x 54	2.85	2.93	2.38	1.52	3.29	2.60	0.68	26.38	101.96
Parcelas De Cosecha	3.86	3.45	2.87	3.04	2.74	3.19	0.46	14.33	148.61
Parcelas De Campo	9.65	6.37				8.01	2.32	29.01	523.38

### 3.4.10.4 Tercer comparativo de pérdidas de corte y alce en Finca La Felicidad, cortado por el frente 5.

**Cuadro 15: Datos de Evaluación de Perdidas Corte y Alce**

	MUESTRAS					Media	Desviación	C.V.	Diferencia %
	1	2	3	4	5				
Parcelas de 3600mt2	1.07	1.62	1.46	0.95		1.27	0.31	24.45	
Parcelas de 10 x 54	1.24	3	1.81	1.28		1.82	0.82	44.84	43.31
Parcelas De Cosecha	1.13	2.43	2.16	0.93	2.74	1.88	0.8	42.81	48.03
Parcelas De Campo	4.1	8.2				6.15	2.35	43.03	384.25

### 3.4.10.5 Comparativo de pérdidas de corte y alce en Finca La Felicidad, cortado por el frente 5.

**Cuadro 16: Resumen de pérdidas de corte y alce**

	MUESTRAS				Media	Desviación	C.V.	Diferencia %
	A	1	2	3				
Parcelas de 5040mt2	1.36				1.36			
Parcelas de 3060 mt2		1.45	0.78		1.11	0.47	42.61	
Parcelas de 10 x 54		1.61	1.14	1.01	1.25	0.32	25.18	12.61
Parcelas De Campo		2.00	3.26	3.06	2.77	0.68	24.42	149.55

### 3.4.10.6 Fotografías del proceso



**Figura 37: Tocón evaluado**



**Figura 38: Caña basura**



**Figura 39: Caña picada**



**Figura 40: Caña machucada**



**Figura 41: Tocón no permisible**



**Figura 42: Caña picada**

### 3.4.10.7 CONCLUSIONES

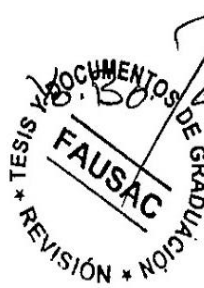
- El tamaño de muestra a tomar es de 10 metros de largo por 54 metros de ancho, considerando 6 chorras de 9 metros de largo con surcos de 1.5 metros de ancho.
- Se recomienda la toma de 2 muestra en un área 5 y 10 Ha de 540 metros cuadrados, siendo esto más representativos para las condiciones de perdidas reportadas por el lote total.
- Se recomienda considerar la evaluación con un área de 270 metros cuadrados, de esta manera podría ser más factible la manipulación de la toma de datos.



### 3.4.11 BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala, en el área de Río Lindo. Guatemala. 75 p.

50 Rolando Barrios



### **3.5 MAPEO DE SUELO CON RELACIÓN A REQUERIMIENTOS DE COMPLEMENTO NUTRICIONAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*), CON FINES DE APLICACIÓN DE TASA VARIADA, DE LA FINCA EL CARMEN GUADALUPE DE LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

#### **3.5.1 Definición del problema**

Con el paso de los años la población mundial se acrecienta, reduciendo de tal manera el espacio para la agricultura, en relación a este crecimiento exponencial se presenta una mayor demanda de alimentos, lo cual se convierte en un desafío para la agricultura ya que en menor área se requieren mejores rendimientos, dando lugar a la optimización de los recursos, generando de tal manera un enfoque efectivo de las aplicaciones cuidando los recursos, tanto el factor suelo, como los agroquímicos buscando tengan los mejores rendimientos por unidad de área, fundamentando de tal manera la agricultura de precisión.

Una mayor producción por unidad de área en relación a la eficiencia de los recursos disponibles en el suelo, tomando en cuenta el conjunto de técnicas que buscan optimizar el uso de los insumos agrícolas en función de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola.

#### **3.5.2 Área de influencia**

##### **3.5.2.1 Descripción general del área**

La zona cañera se encuentra ubicada en 5 departamentos de la región sur del país, los cuales son la ciudad de Guatemala, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y Santa Rosa. La mayoría de las fincas que pertenecen al ingenio Magdalena se encuentran ubicadas en el departamento de Escuintla, en los municipios de Santa Lucía, La Democracia, La Gomera, Sipacate, el puerto San José, Retalhuleu, Tiquisate, Santa Rosa y Chimulilla. El área de trabajo se encuentra en las fincas que pertenecen al Ingenio Magdalena y se ubican en el área central del estrato litoral (0 – 50 msnm) y estrato bajo (> 50 msnm a 100 msnm).

### **3.5.2.2 Ecología**

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge, se encuentra dentro de la zona de vida subtropical cálida. Está caracterizada por una precipitación que va de 2000 a 4000 mm. anuales y una temperatura mayor a los 24°C CENGICAÑA (2012). Está ubicada naturalmente en la cuenca del río Achiguate de la vertiente del Pacífico, La fisiografía predominante es de gran paisaje, perteneciente a las llanuras costeras del pacífico

### **3.5.2.3 Condiciones Climáticas**

El clima de la región, según Thornthwaite, presenta las características siguientes: Cálido sin estación fría bien definida, húmedo y con invierno seco. Las características climáticas de la región contemplan una temperatura media anual de 27 a 28°C CENGICAÑA (2012). Los suelos de la región según Simmons, pertenecen a los suelos del litoral del Pacífico, los cuales son suelos arenosos bien drenados de la serie de suelos Mollisoles y Andisoles. Suelos Mollisoles Están asociados con los suelos Andisoles y se distinguen por su buen drenaje, por su textura franca o más gruesa y por sus subsuelos cafés. El suelo superficial, a una profundidad aproximada de 35 centímetros, es franco, de café oscuro a café muy oscuro. El contenido de materia orgánica es alrededor del 5 al 10%. La estructura es granular fina poco desarrollada y la reacción es neutra, pH alrededor de 7.0. Suelos Andisoles es suelo superficial, a una profundidad alrededor de 40 centímetros, es franco arcilloso suave de color gris muy oscuro a gris oscuro. Es plástico cuando está húmedo. La estructura granular está mal desarrollada. La reacción es neutra o casi neutra, pH 6.5 a 7.0 (CENGICAÑA 1996)

### **3.5.3 Objetivo**

#### **3.5.3.1 General**

Como parte del proceso de una agricultura de precisión se busca optimizar los recursos, en este punto se enfoca a la reducción de costos desde el punto de vista que se realizan aplicaciones con los requerimientos necesarios, buscando mantener los rendimientos en cuanto a la productividad de las dosis aplicadas con Tasa Variable, con este proceso la agricultura busca cuidar el medio ambiente evitando sobredosificaciones de aplicación.

#### **3.5.3.2 Especifico**

1. Aumento de la competitividad a través de una mayor eficacia de las prácticas agrícolas efectuadas al igual de las dosificaciones variables que se aplicaran.
2. Ajuste de las prácticas de cultivo a las necesidades de la planta, tomando en cuenta el área espacial de aplicación lo cual considera la dosis en el momento y lugar indicado.

### 3.5.4 Metodología

#### 3.5.4.1 Selección del lote

Para este hecho se tomó la evaluación de:

- Condiciones de las zonas agroecológicas
- Áreas de plantilla para su posterior seguimiento

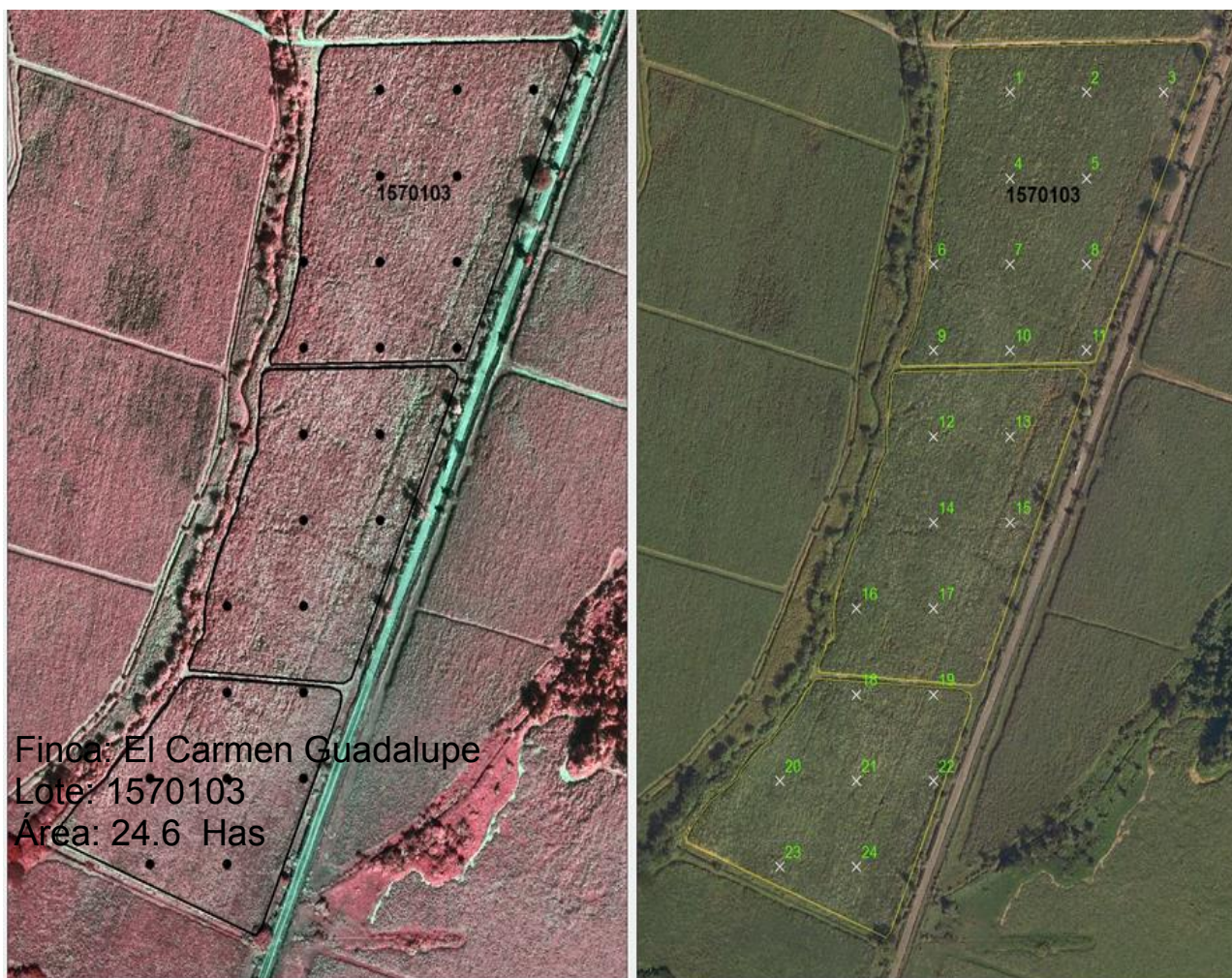


Figura 43: Mapa de distribución de puntos de muestreo

### 3.5.4.1.1 Toma De Muestras Para Análisis Químico

Se procedió a la extracción de 24 muestra de suelo a 20 cm, se consideraron la extracción de 3 muestras gemelas pareadas unas con otras de tal manera de realizar lo más posible la homogenización, con la finalidad de evaluación de calidad de análisis de laboratorio se mandaron muestras a 2 laboratorios.



**Figura 44: Extracción de Muestras**



**Figura 45: Extracción a 20 cm**

#### **3.5.4.2 Toma de muestras para análisis físico**

En este proceso se realizaron cajuelas de 50 metros de ancho \* 60 metros de profundidad en la cual se establecieron la toma de lectura de los horizontes, estableciendo una matriz de respuesta para definir de mejor manera el tipo de textura con el que se cuenta en cada punto de evaluación de tal manera se recolectaron datos por cada horizonte.

#### **3.5.4.3 Análisis de datos recolectados**

Con la información recolectada en el campo, se procedió a la tabulación de los datos del análisis físico y químico con la cual se generaron mapas o shapes files, tomando en cuenta que la interpolación se efectuó a cada 5 metros, realizando una interpolación de los 24 puntos muestrales establecidos y analizados.

Para editar los mapas, se procedió a reclasificar las capas GRID elaboradas en la fase de análisis espacial, luego de haber desarrollado la reclasificación de los parámetros utilizados, se editó un mapa para cada atributo (elemento). El área evaluada corresponde

#### **3.5.4.4 Análisis espacial**

Se consideró utilizar el método *IDW "Inverse Distance Weighted"* el cual estima con un peso igual a los valores extremos (máximo y mínimo) de la muestra; en comparación el método *Kriging*, el cual les da un menor peso y que, por lo tanto, muestra valores extremos más alejados de los datos originales de las muestras.

#### **3.5.4.5 Edición de mapas**

Los mapas se encuentran en formato JPG (500), PDF (300), raster (para su manipulación en ArcGIS) y el layer que cuenta con la información de la localización de los puntos de las tomas de las muestras utilizadas para el análisis químico y físico

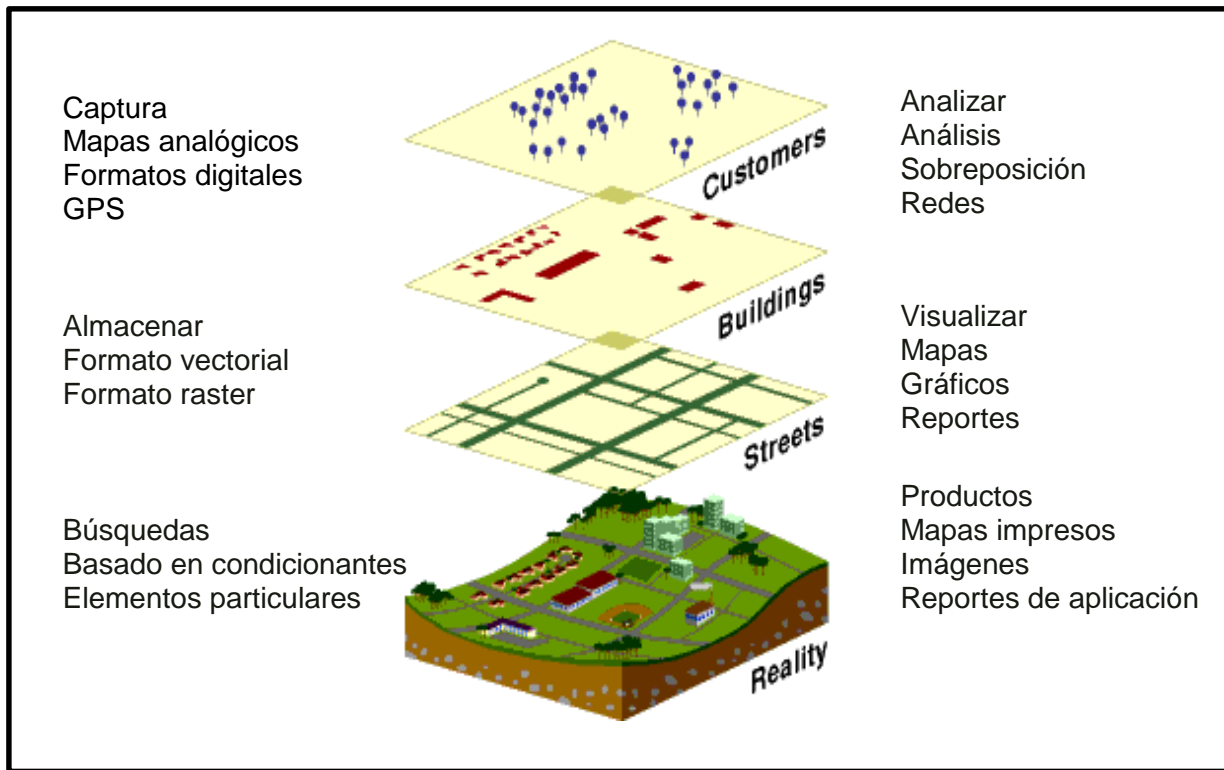


Figura 46: Proceso de Análisis en ArcGIS®



### 3.5.4.6 Parámetros de evaluación de nutrientes según análisis de suelos

**Cuadro 17: Rangos permitidos según soluciones analíticas**

PARAMETRO	RANGO ADECUADO
Ph	5.50 – 7.20
Concentración de Sales	0.2 – 0.8 Ds/m
Materia Orgánica	2.0 – 4.0 %
CICE	5.0 – 15 meq/100 ml
Saturación K	4 – 6 %
Saturación Ca	60 – 80 %
Saturación Mg	10 – 20 %
Saturación Al + H	< 20 %
Amonio en KCL	****
Nitrato en KCL	****
Fósforo Olsen	30 – 75 ppm (p/v)
Fósforo	30 – 75 ppm (p/v)
Potasio	300 – 500 ppm (p/v)
Calcio	2000 – 3000 ppm (p/v)
Magnesio	250 – 500 ppm (p/v)
Azufre	10 – 100 ppm (p/v)
Boro	***
Cobre	1 – 7 ppm (p/v)
Hierro	40 – 250 ppm (p/v)
Manganeso	10 – 250 ppm (p/v)
Zinc	2 – 25 ppm (p/v)
Aluminio	< 100 ppm (p/v)

### 3.5.4.7 Parámetros de evaluación de nutrientes según análisis de suelos según CENGICAÑA.

**Cuadro 18: Rangos Permitidos Según CENGICAÑA**

pH		Materia Orgánica	
Categoría	Valor de pH	Categoría	% de M.O.
1	< 5.50	1	< 3.00
2	5.51 – 6.50	2	3.01 - 5.00
3	6.51 – 7.20	3	➤ 5.01
4	7.21 – 8.00		
5	➤ 8.01		
Potasio (K)		Fosforo (P)	
Categoría	ppm	Categoría	Ppm
1	<100	1	<5.0
2	100.01 – 150	2	5.01 – 10
3	150.01 – 300	3	10 – 30
4	➤ 300	4	>30
Calcio (Ca)		Magnesio (Mg)	
Categoría	Meg/100g	Categoría	Meg/100g
1	< 4.00	1	<1.00
2	4.01 8.00	2	1.01 – 2.00
3	8.01 – 12.00	3	2.01 – 4.00
4	➤ 12.01	4	➤ 4.01

### 3.5.4.8 Parámetros selección del lote

Para la selección del área a evaluar se tomó en cuenta áreas destinadas a semilleros considerando que son lotes que se les dará seguimiento a futuro.

- Condiciones de las zonas agroecológicas
- De preferencia que sea área de plantilla



**Figura 47: Área de evaluación y su distribución de puntos**

La distribución de los puntos fue uno cada hectárea. Para el ploteo de puntos se utilizó Arcmap10<sup>®</sup> tomando en cuenta las diferentes zonas establecidas, la ubicación de los puntos en campo fue por medio de las coordenadas establecidas previamente con su respectivo código de identificación de cada muestra a extraer por punto.

### 3.5.4.9 Resultados o evaluación

#### A. Análisis Físico

De las cajuelas de 50 de ancho \* 60 de profundidad en la cual se establecieron la toma de lectura de los horizontes estableciendo obteniendo los siguientes resultados. El muestreo en dicho lote 1570103 fue efectuado del 5 al 9 de Agosto del 2013, corresponde a un área de 24.6 Ha.

**Cuadro 19: Resultados de análisis físico de suelos**

PUNTO	COORDENADAS		HORIZONTE	LONGITUD (cm)	TIPO DE SUELO
1	90° 58' 23.27" W	14° 3' 57.09" N	A	0 – 29	Franco Arcilloso
			B	29 – 52	Franco Arcilloso
			C	52 – 60	Franco Arenoso
2	90° 58' 19.94" W	14° 3' 57.10" N	A	0 – 20	Franco Arcilloso
			B	20 – 37	Franco Arcilloso
			C	37 – 60	Franco Arcilloso
3	90° 58' 16.60" W	14° 3' 57.11" N	A	0 – 25	Franco Arcilloso
			B	25 – 50	Franco Arenoso
			C	50 – 60	Franco Arenoso
4	90° 58' 23.26" W	14° 3' 53.84" N	A	0 – 20	Franco Arcilloso
			B	20 – 33	Franco Arcilloso
5	90° 58' 19.93" W	14° 3' 53.85" N	A	0 – 21	Franco Arcilloso
			B	21 – 34	Franco Arcilloso
6	90° 58' 26.59" W	14° 3' 50.58" N	A	0 – 32	Franco Arenoso
			B	32 – 60	Franco

PUNTO	COORDENADAS		HORIZONTE	LONGITUD (cm)	TIPO DE SUELO
7	90° 58' 23.26" W	14° 3' 50.58" N	A	0 – 43	Franco Limoso
			B	43 – 60	Franco Arenoso
8	90° 58' 19.92" W	14° 3' 50.59" N	A	0 – 28	Franco Arcilloso
			B	28 – 0	Franco Limoso
9	90° 58' 26.59" W	14° 3' 47.32" N	A	0 – 32	Franco Arenoso
			B	32 – 64	Franco Arenoso
10	90° 58' 23.25" W	14° 3' 47.33" N	A	0 – 37	Franco Limoso
			B	37 – 60	Franco Arenoso
11	90° 58' 19.92" W	14° 3' 47.34" N	A	0 – 36	Franco Arenoso
			B	36 – 60	Franco Arenoso
12	90° 58' 26.58" W	14° 3' 44.07" N	A	0 – 34	Franco Arcilloso
			B	34 – 60	Franco Arcillosos
13	90° 58' 23.24" W	14° 3' 44.08" N	A	0 – 33	Franco Limoso
			B	33 - 60	Franco Limoso
14	90° 58' 26.57" W	14° 3' 40.81" N	A	0 – 20	Franco Arcilloso
			B	20 – 37	Franco Arenoso
			C	37 - 60	Franco Limoso
15	90° 58' 23.24" W	14° 3' 40.82" N	A	0 – 34	Franco
			B	34 – 60	Arenoso
16	90° 58' 29.90" W	14° 3' 37.55" N	A	0 – 22	Franco
			B	22 – 60	Franco Arenoso
17	90° 58' 26.56" W	14° 3' 37.56" N	A	0 – 40	Franco Arcilloso
			B	40 – 60	Arenoso

PUNTO	COORDENADAS		HORIZONTE	LONGITUD (cm)	TIPO DE SUELO
18	90° 58' 29.89" W	14° 3' 34.30" N	A	0 – 33	Franco Arcilloso
			B	33 – 60	Franco Limoso
19	90° 58' 26.56" W	14° 3' 34.31" N	A	0 – 38	Franco Arcilloso
			B	38 – 60	Franco Arenoso
20	90° 58' 33.22" W	14° 3' 31.04" N	A	0 – 28	Franco Arcilloso
			B	28 – 41	Franco Arenoso
			C	41 – 60	Franco Arcilloso
21	90° 58' 29.89" W	14° 3' 31.05" N	A	0 – 40	Franco Arcillo
			B	40 – 60	Franco Arenoso
22	90° 58' 26.55" W	14° 3' 31.05" N	A	0 – 21	Franco Arcillo
			B	21 – 38	Franco Arcillo
			C	38 – 60	Franco Arenoso
23	90° 58' 33.21" W	14° 3' 27.78" N	A	0 – 50	Franco Arenoso
			B	50 – 60	Franco Arenoso
24	90° 58' 29.88" W	14° 3' 27.79" N	A	0 – 20	Franco Arenoso
			B	20 – 40	Franco Arenoso
			C	40 – 60	Franco Arenoso

3.5.4.10 Análisis en ArcMap®

Con la información recolectada en el campo, se procedió a la tabulación de los datos con la cual se generaron mapas, con una interpolación de 5 metros, de los 24 puntos muestrales establecidos y analizados.

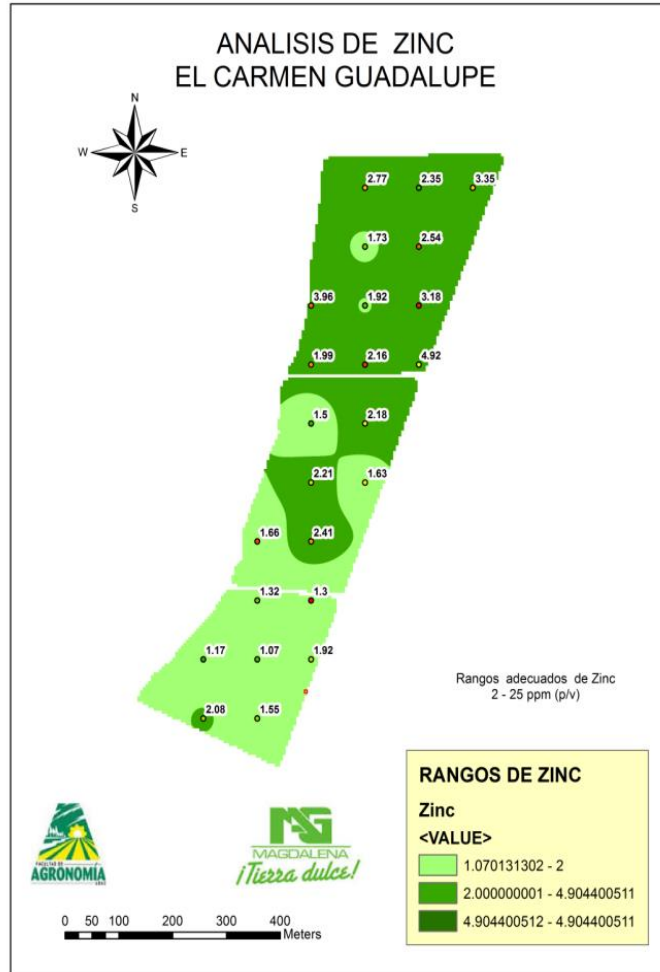


Figura 52: Análisis de ZINC

Figura 53: Análisis de Potasio

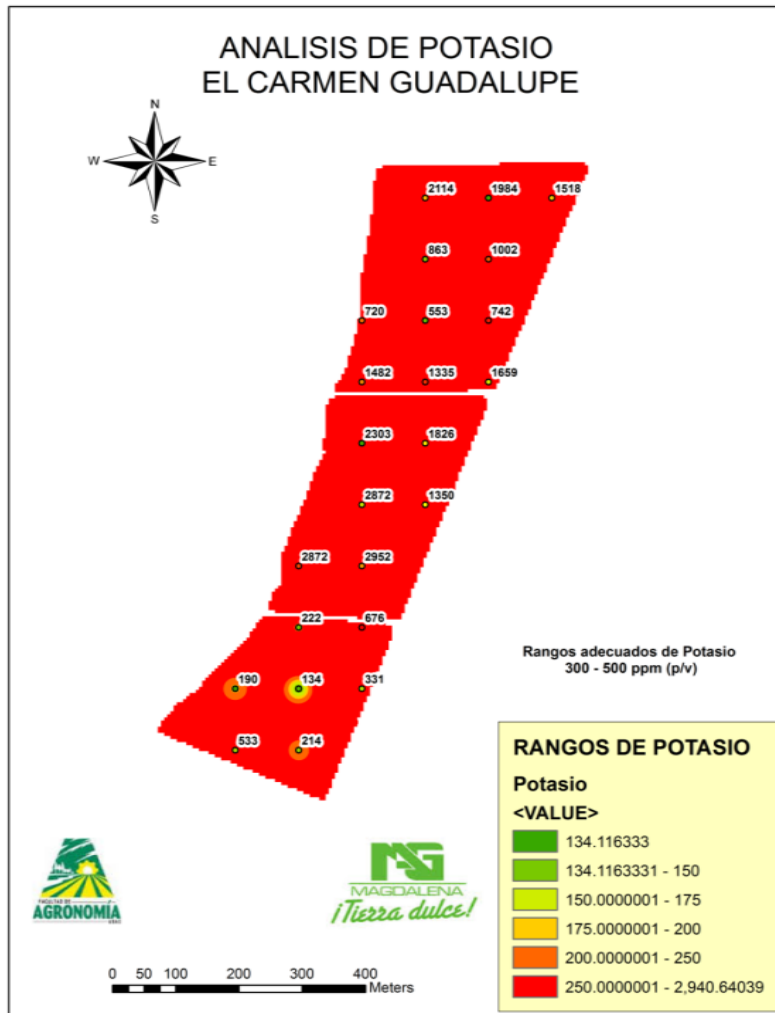
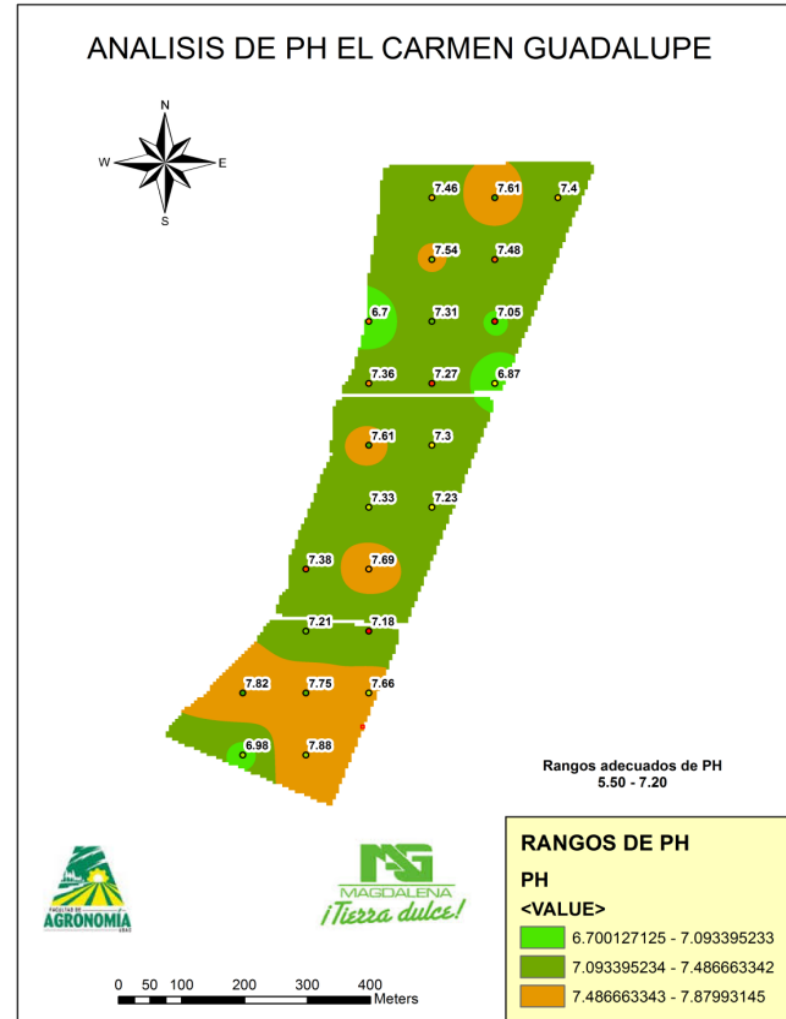


Figura 54: Análisis de pH





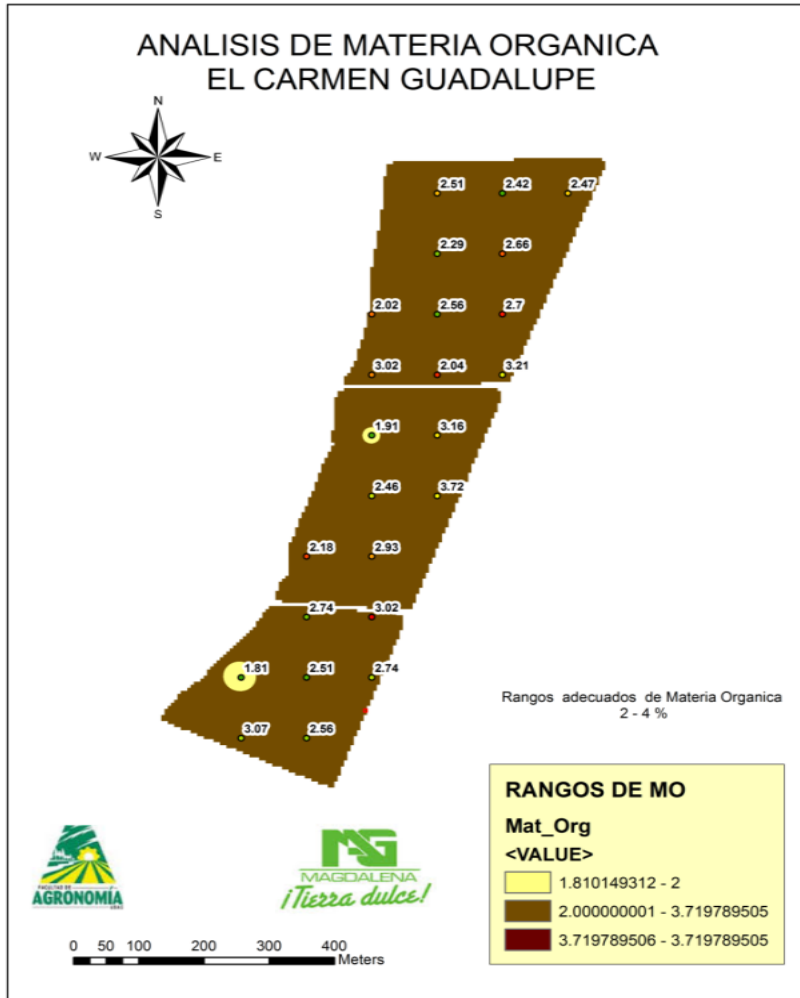


Figura 55: Análisis de Materia Orgánica

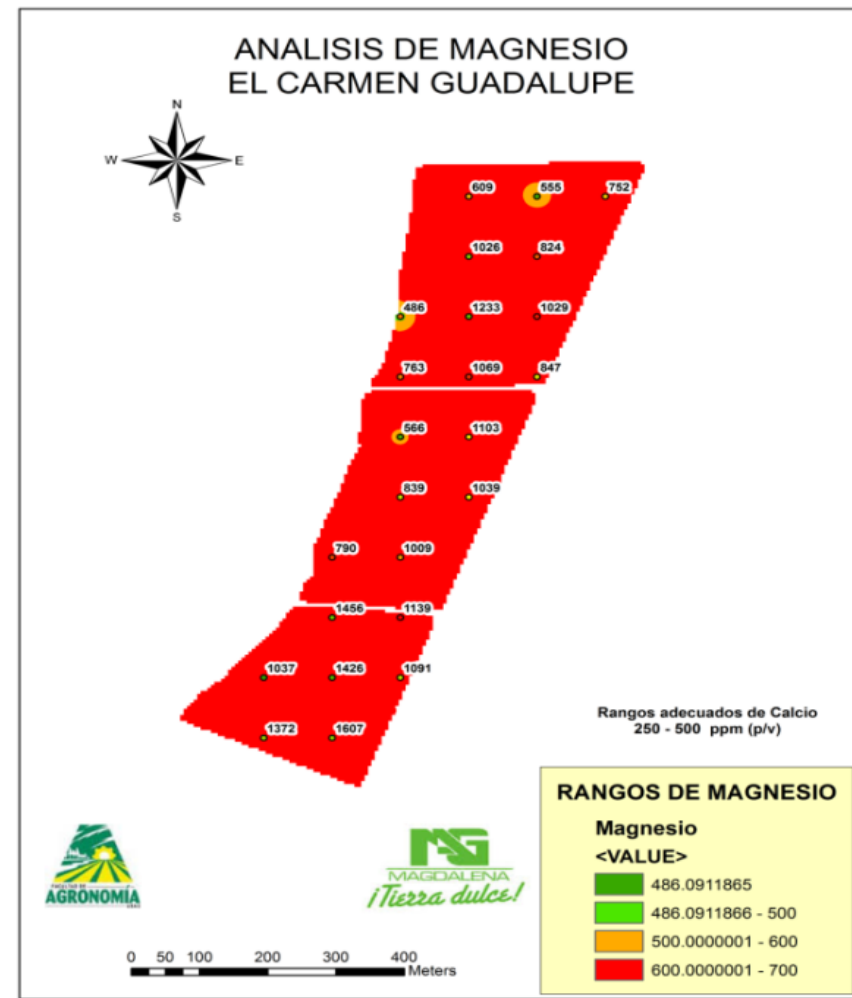


Figura 56: Análisis de Magnesio

Figura 57: Análisis de Manganeso

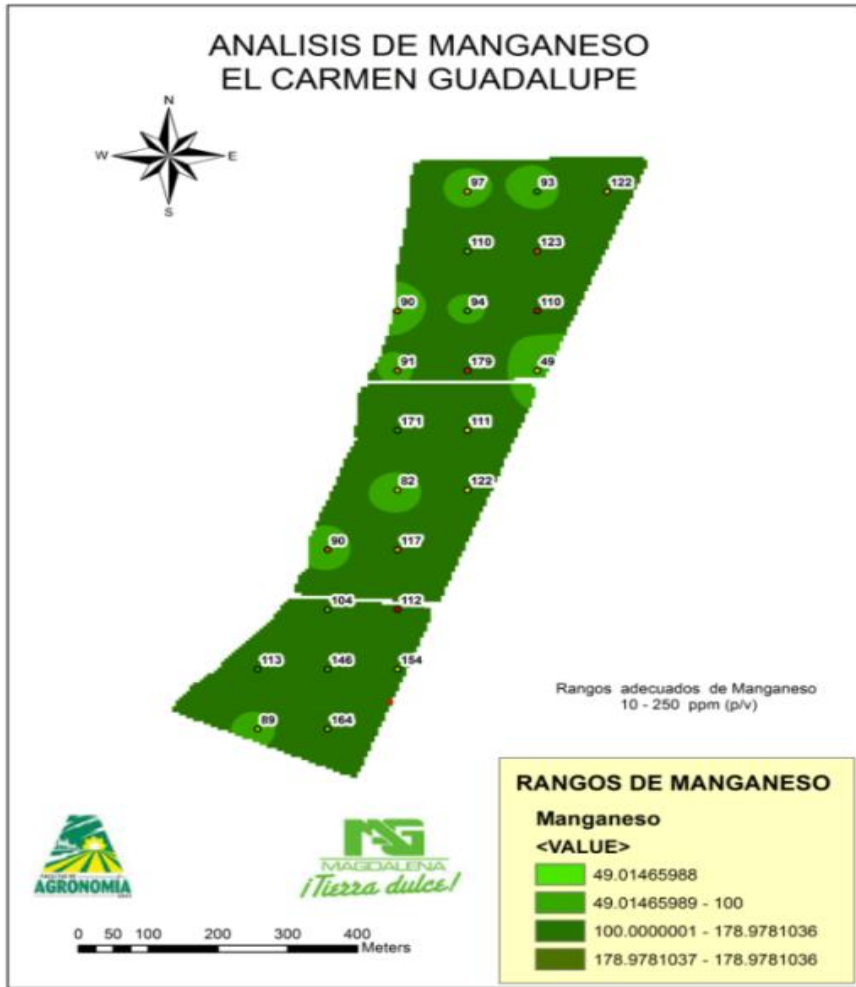
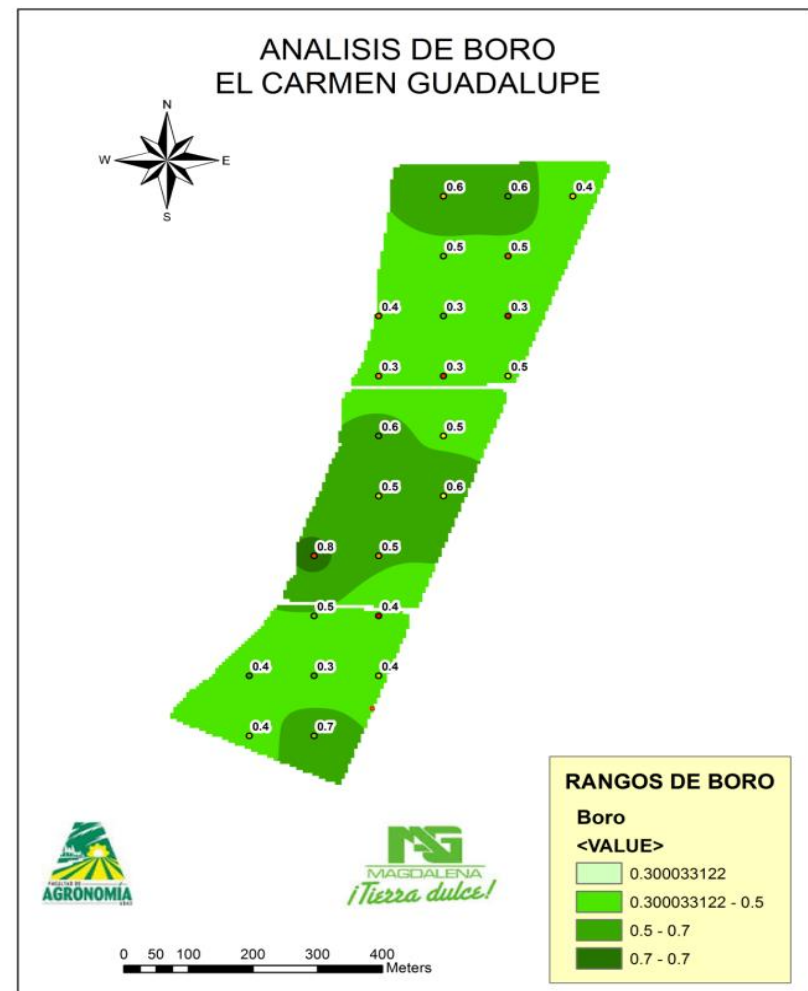


Figura 58: Análisis de Boro



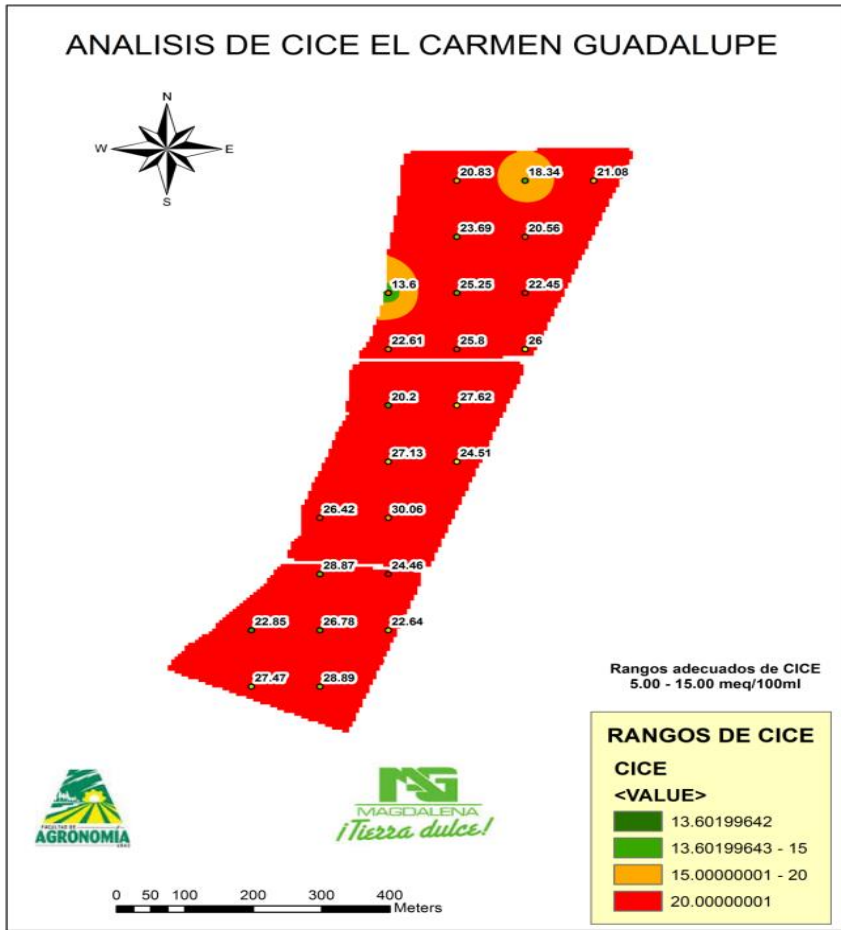


Figura 59: Análisis de CICE



Figura 60: Análisis de Hierro

Figura 61: Análisis de Fosforo

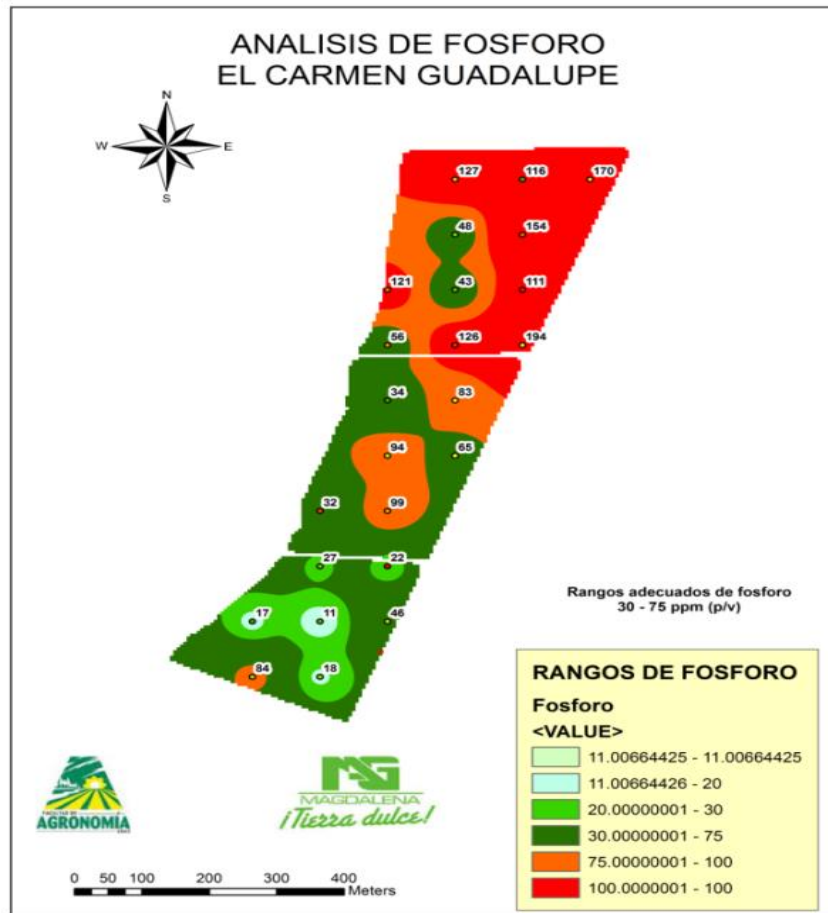
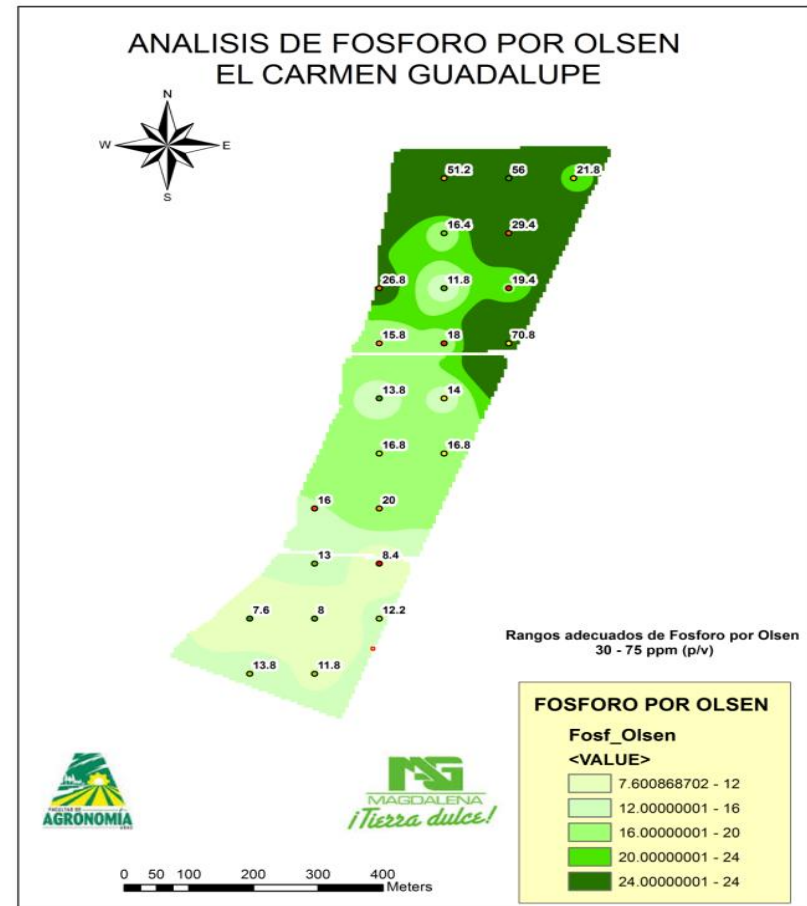


Figura 62: Análisis de Fosforo Olsen



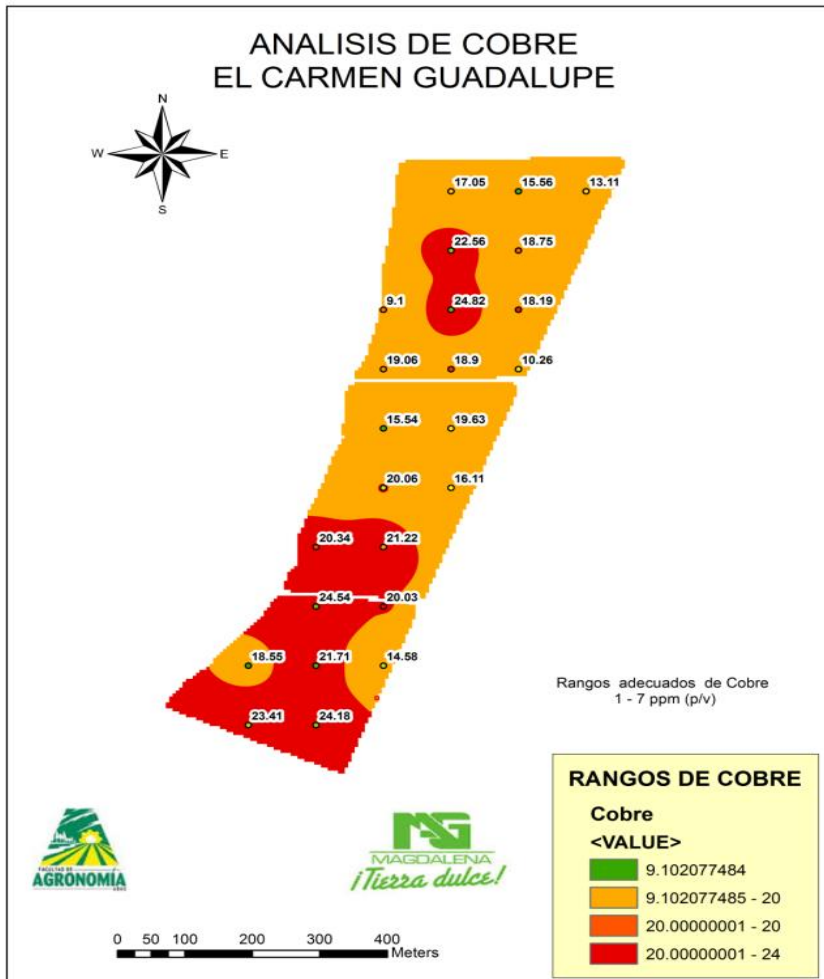


Figura 63: Análisis de Cobre

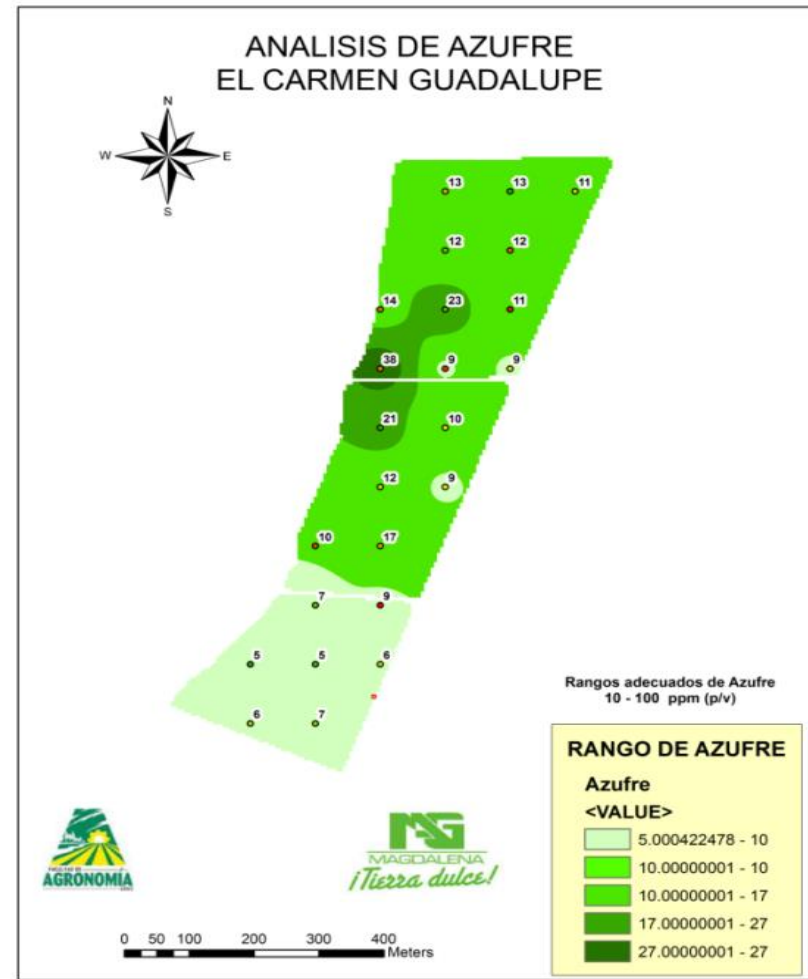


Figura 64: Análisis Azufre



**Figura 65: Análisis De Cobre**

### 3.5.5 Fotografías del proceso



**Figura 66: Análisis Físico**



Figura 67: Evaluación plasticidad de suelo

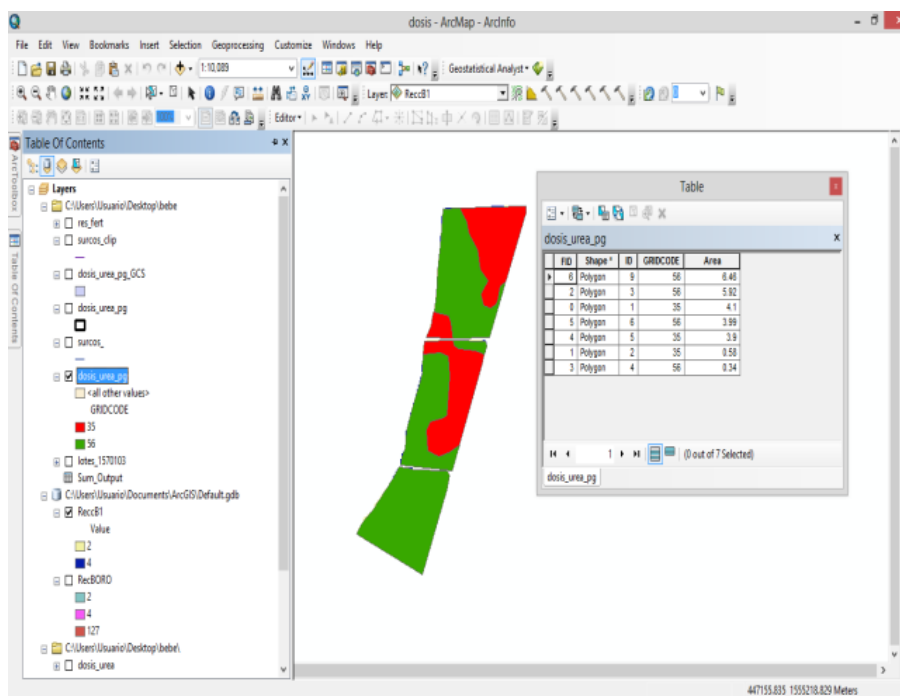


Figura 68: Proceso de análisis



**Figura 69: Proceso de extracción de suelos**



### 3.5.6 Conclusiones

En dicho lote de evaluación se procedió a aplicar fertilizante con la finalidad de evaluación de costos en relación a los métodos tradicionales y los métodos de tasa variada, quedando los datos de la siguiente manera, con la fórmula de la finca se aplicó un área de 10.9 Ha, un aporte de 81kg/Ha, dando un total gastado de Q. 3,434.665. En cuanto a la aplicación de Tasa Variada las recomendaciones siguientes una dosis de 35 kg/ha un total de 4.3 Ha, dando un total gastado de Q. 498.

Como parte del aumento de la aplicación puntual en los procesos es aplicar en relación a los requerimientos nutricionales, dado este hecho nos permite observar que la aplicación de fertilizante a tasa variada se enfocó únicamente en la aplicación de nitrógeno aviendo los elementos que si se encuentran disponibles en el suelo, recordando la importancia liga directamente a la producción ya que una escasez de nitrógeno se manifiesta directamente en un desarrollo lento de la planta, falta de Macollamiento por tanto baja población, tallos delgados y raquíticos manifestándose en un bajo tonelaje.

### 3.5.7 BIBLIOGRAFÍA

2. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala. 137 p.
3. \_\_\_\_\_. 2012. Segunda Aproximación de Mapas de Fertilidad y Texturas, Herramientas de Apoyo para la Agroindustria Azucarera Guatemalteca. Guatemala. 9 p.

Circular stamp of FAUSAC (Facultad de Agronomía y Zootecnia) with the text "TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN \* REVISIÓN \*" and a signature "Rolando Ramos".



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS  
 Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 04/2015

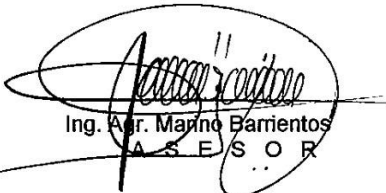
LA TESIS TITULADA: "TAMAÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO Y DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA PARA MEDICIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*)"

DESARROLLADA POR LA ESTUDIANTE: HEIDY JEANNINA BOTZOC YAT

CARNE: 200915873

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle  
 Ing. Agr. Marino Barrientos  
 Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

  
 Ing. Agr. Marino Barrientos  
 ASESOR

  
 Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya  
 SUPERVISOR-ASESOR

  
 MSc. Manuel de Jesús Martínez Ovalle  
 DIRECTOR DEL IIA

MDJM,/nm  
 c.c. Archivo



Guatemala, 08 de mayo de 2015

Ref. SAIEPSA: Trabajo de Graduación 27-2015

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

TAMAÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO Y DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN EL INGENIO MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE:

HEIDY JEANNINA BOTZOC YAT

No. CARNÉ

200915873

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

"TAMAÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO Y DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA PARA MEDICIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*)"

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle  
Ing. Agr. Marino Barrientos  
Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya  
Docente - Asesor de EPS

Vo.Bo. Ing. Agr. Alfredo Itzep Manóel  
Coordinador Área Integrada



c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

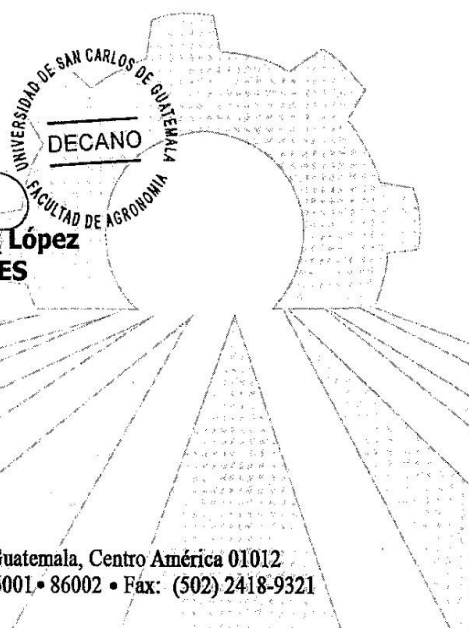


No.32.2015 DECANATO

Trabajo de Graduación:	“TAMAÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO Y DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA PARA LA MEDICIÓN VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESENTADOS EN EL INGENIO MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.”
Estudiante:	Heidy Jeannina Botzoc Yat
Carné:	200915873

**“IMPRIMASE”**

  
**Dr. Ariel Abderraman Ortiz López**  
**DECANO EN FUNCIONES**



Edificio T-9, Segundo Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centro América 01012  
Apartado Postal 1545, Teléfonos:(502) 2418-9302 Extensiones 86001 • 86002 • Fájx: (502) 2418-9321