

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA Y
GUATEMALA**

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

POR

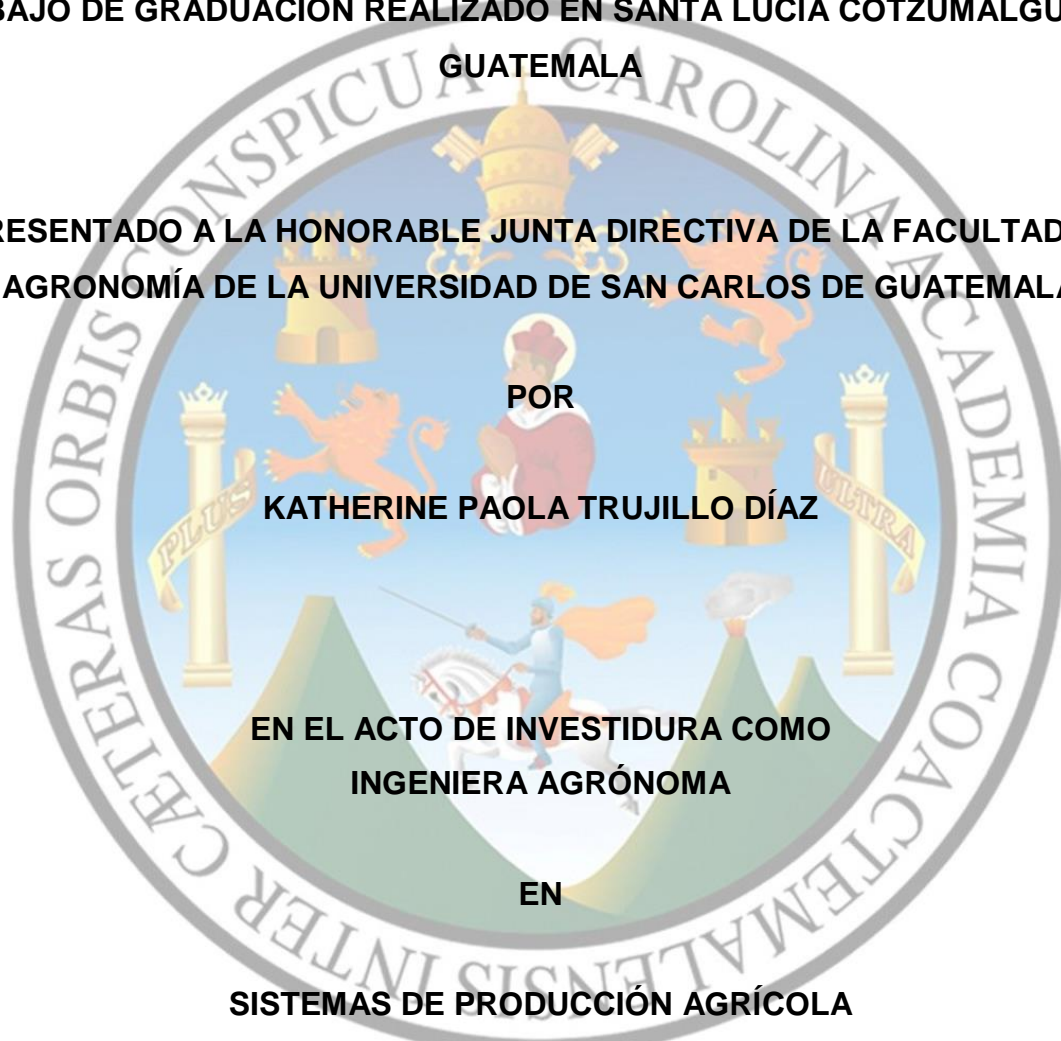
KATHERINE PAOLA TRUJILLO DÍAZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA**

GUATEMALA, MAYO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Per. Electr. Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL V	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, MAYO DE 2019

Guatemala, mayo de 2019

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 titulado: **“Evaluación del efecto de cuatro fuentes nitrogenadas, sobre el rendimiento del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), variedad CP73 - 1547, finca El Triunfo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, diagnóstico y servicios en el Centro Logístico, departamento de AGRITEC, DISAGRO de Guatemala S.A., Guatemala, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

KATHERINE PAOLA TRUJILLO DÍAZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Te doy gracias Señor de todo corazón. ¡Quiero proclamar todas tus maravillas! ¡Oh Altísimo! Porque es eterno tu amor y tu fidelidad, cuando te invoqué, me escuchaste y fortaleciste mi ánimo. Yo te amo, Tú me concedes lo que desea mi corazón, no rechazaste las oraciones de mis labios. Te apuras a bendecirme con el éxito. ¡Cuánto gozo por tu Victoria! Amén.

MIS PADRES

María Ester Díaz Ruíz y Norberto Trujillo González por ser el pilar de mi familia, siendo la mayor motivación para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, el haber culminado esta tesis y poder disfrutar del privilegio con ustedes, que se preocuparon en cada momento y que siempre quisieron lo mejor para mi porvenir. Los Amo papás.

MIS HERMANOS

Karen Ester, Erick Norberto Trujillo Díaz y Carmen María Escobar Corzo, por su cariño, motivación y su apoyo incondicional.

MIS SOBRINOS

Paulo Ezequiel, Danna Haídee De León Trujillo y Sebastián Trujillo Escobar, por el amor, la ternura y alegría de mi vida.

MIS AMOR

Byron Norberto Moya Mejía, por su cariño, apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto personales como profesionales. Eres mi inspiración y motivación.

MIS TIOS

En especial a María Efígenia Díaz Ruíz por su cariño y gratitud.

MIS PADRINOS

Yolanda Yol y Edgar Carrera por su cariño y oraciones.

AGRADECIMIENTOS

A:

GUATEMALA

País que me vio nacer, crecer y desarrollarme como profesional.

**UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

Alma mater que permitió culminar mi educación superior.

**FACULTAD DE
AGRONOMÍA.**

Lugar que permitió por medio de sus profesores brindarme sus conocimientos y forjarme como profesional.

MI SUPERVISOR

Ing. Agr. Pedro Pelaéz, por su tiempo, orientación y apoyo durante mi Ejercicio Profesional Supervisado, por su confianza, paciencia y amistad incondicional.

MIS ASESORES

Dr. Anibal Sacbaja y Dr. Marco Tulio Aceituno, por sus asesoramientos, por su confianza, por compartir sus conocimientos así como su tiempo, para la realización de la presente investigación.

DISAGRO, S.A.

Ing. Agr. Julio Soto e Ing. Lourdes Castillo, por darme la oportunidad de culminar mi fase de estudios para iniciarme como profesional y brindarme el apoyo durante mi EPS.

MIS AMIGOS

Marisol Álvarez, Paola Álvarez, Haasler Méndez, Cinthia Hurtado, Ana Montejo, Milvian Batz, Emi Pérez, Diana Calán, Debby Escobar, Ana Lucía Estrada, Manuel Colíndres, Luis Raxón, Rafael De La Cruz, Enio Santos y Kenneth Loarca, por inolvidables recuerdos de estudiante y su constante apoyo para la culminación de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 General	5
1.2.2 Específicos	5
1.3 MARCO REFERENCIAL	6
1.3.1 Ubicación del Centro Logístico	6
1.3.2 Servicios que presta el Centro Logístico.....	6
A. Análisis químico de suelo	6
B. Análisis químico foliar y fruto	8
C. Análisis de solución de suelos	9
D. Análisis de agua	10
E. Servicios de A.G.Q.....	10
1.3.3 Características del Centro Logístico de AgriTEC.....	11
1.3.4 Metodología para el ingreso de muestras y actividades del Centro Logístico.....	13
A. Materiales y equipo	13
1.3.5 Laboratorio proveedor para análisis de muestras	14
1.3.6 Clientes demandantes de análisis	14
1.3.7 Croquis de la organización del área de procesamiento de muestras que se encuentran del Centro Logístico.	14
A. Área administrativa.....	15
B. Área de preparación de muestras	16
C. Área de lavado y esterilización	16
D. Área de secado	16
E. Área de enfriamiento	16
F. Área de preparación de muestras de suelo para textura	17
G. Área de almacenamiento.....	17
H. Instalaciones del área de suelos extensión del Centro Logístico	17

	Página
1.4 METODOLOGÍA	18
1.4.1 Fase de campo	18
1.4.2 Fase de gabinete final.....	19
1.5 RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	19
1.5.1 Análisis FODA	19
1.5.2 Muestras para análisis nutricional de material vegetal que ingresan al mes.....	21
A. Promedio de muestras que ingresan mensualmente en el Centro Logístico	21
B. Tiempo estimado de entrega de resultados de los análisis	23
1.6 CONCLUSIONES	24
1.7 RECOMENDACIONES.....	24
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	25
1.9 ANEXOS.....	26
CAPÍTULO II.....	31
2.1 INTRODUCCIÓN.....	33
2.2 MARCO TEÓRICO	35
2.2.1 Marco Conceptual.....	35
A. Origen de la caña de azúcar (S. officinarum L.)	35
B. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar (S. officinarum L.).....	35
C. Morfología y fisiología de la caña de azúcar	35
D. Rangos de suficiencia de nitrógeno a nivel foliar	37
E. Condiciones climáticas de la caña de azúcar.....	38
F. Composición química de la caña de azúcar.....	38
G. Fertilización nitrogenada de la caña de azúcar	40
H. Efecto de la época de aplicación del nitrógeno sobre la producción y la calidad de la materia prima de la caña de azúcar	41
I. Inhibidor de ureasa	43
J. Nitro-xtend	44

	Página
K. Aplicación de urea en la caña de azúcar	45
L. Efecto del pH del suelo en la fertilización nitrogenada con urea y el inhibidor de ureasa.	47
M. Antecedentes de investigación de urea con inhibidor de ureasa	49
a. La volatilización de amoniaco de los suelos fertilizados con urea y las tasas variables de inhibidor de la ureasa.	49
b. Pérdidas acumuladas de nitrógeno en forma de amoniaco de urea sola, con agua o en mezclas con vinaza y otras fuentes de nitrógeno aplicadas en forma superficial, estación experimental Mangalitos, Ingenio Pantaleón	52
c. Estudio de volatilización de amoniaco a partir de la urea con inhibidor de ureasa aplicada al cultivo de la caña de azúcar en Brasil.	53
2.2.2 Marco Referencial	55
A. Ubicación geográfica de la zona cañera de la costa sur de Guatemala.....	55
B. Extensión territorial.....	56
C. Clima.....	57
D. Clasificación climática	58
E. Taxonomía de suelos	58
2.3 OBJETIVOS.....	59
2.3.1 Objetivo General	59
2.3.2 Objetivos Específicos	59
2.4 HIPÓTESIS.....	60
2.5 METODOLOGÍA.....	60
2.5.1 Diseño experimental.....	60
2.5.2 Descripción de los tratamientos.....	60
2.5.3 Descripción y croquis del área experimental	61
2.5.4 Descripción y croquis de la unidad experimental	61
2.5.5 Muestreo y análisis de suelo	62
2.5.6 Delimitación de las unidades experimentales	63

2.5.7	Variables de respuesta evaluadas en el cultivo de caña de azúcar (<i>S. officinarum</i> L.):	63
A.	Contenido de nitrógeno foliar:	63
B.	Variables biométricas:.....	64
a.	Altura del tallo:	64
b.	Diámetro del tallo:	64
c.	Densidad de tallos por metro lineal:	64
d.	Grados brix	64
C.	Rendimiento de caña de azúcar (<i>S. officinarum</i> L.).....	64
D.	Rentabilidad de los tratamientos evaluados	65
2.5.8	Manejo del experimento.....	65
A.	Siembra	65
B.	Aplicación de los tratamientos nitrogenados	65
C.	Cosecha	65
2.5.9	Análisis de la información	66
A.	Análisis estadístico	66
B.	Análisis económico	66
2.6	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	67
2.6.1	Rendimiento de caña de azúcar en toneladas por hectárea (ton/ha)	67
2.6.2	Variables biométricas	69
A.	Altura de tallos	69
B.	Tallos por metro lineal.....	70
C.	Diámetro de tallos.....	72
D.	Grados brix.....	73
2.6.3	Contenido de nitrógeno foliar.....	73
2.6.4	Análisis económico.....	75
2.7	CONCLUSIONES.....	76
2.8	RECOMENDACIONES	76
2.9	BIBLIOGRAFÍA	77

	Página
2.10 ANEXOS.....	81
CAPÍTULO III:	93
3.1 INTRODUCCIÓN	95
3.2 OBJETIVOS	97
3.2.1 Objetivo General	97
3.2.2 Objetivos Específicos	97
3.3 SERVICIO 1: RECEPCIÓN DE MUESTRAS, REALIZACIÓN DE DIFERENTES ACTIVIDADES Y MANTENIMIENTO DEL CENTRO LOGÍSTICO.....	98
3.3.1 Presentación	98
3.3.2 Objetivos	98
A. General	98
B. Específicos.....	98
3.3.3 Metodología	99
A. Identificación de muestras de material vegetal ingresadas en el Centro Logístico.....	99
B. Análisis foliar	100
a. Limpieza de muestras foliares en el Centro Logístico.	100
b. Secado de muestras de material foliar en el Centro Logístico.....	101
c. Molienda de la muestra foliar seca de caña de azúcar.....	101
d. Envasado y envío de la muestra material foliar procesada en el Centro Logístico.....	102
C. Análisis de suelos.....	103
a. Identificación de la muestra del suelo que ingresa al Centro Logístico.	103
b. Equipo y trajes de seguridad para procesar el material suelo	103
c. Secado de la muestra de suelo en la extensión del Centro Logístico.....	104
d. Molienda , tamizado y cuarteado (Reducción y uniformidad del tamaño de los agregados)	105
e. Empaque y envío de las muestras al laboratorio A.G.Q.....	105
f. Determinación de la textura de los suelos en el Centro Logístico.	105

	Página
3.3.4 Resultados.....	106
3.3.5 Conclusiones	109
3.3.6 Recomendaciones	109
3.4 SERVICIO 2: ACTUALIZACIÓN DE INVENTARIO Y CALIBRACIÓN DE SONDAS DE SUELO Y EQUIPO PARA ESTACIONES METEOREOLÓGICAS.	111
3.4.1 Presentación.....	111
3.4.2 Objetivos.....	111
A. General.....	111
B. Específicos	111
3.4.3 Metodología.....	111
A. Calibración de equipo meteorológico.....	112
B. Procedimiento para calibración de sondas de succión.....	112
3.4.4 Resultados.....	113
3.4.5 Conclusiones	115
3.4.6 Recomendaciones	115
3.5 BIBLIOGRAFÍA.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del Centro Logístico dentro de las instalaciones de Disagro central.	6
Figura 2: Actividades y procesamientos de análisis de muestras que ingresan al Centro Logístico pertenecientes a dos departamentos AgriTEC y A.G.Q.	12
Figura 3: Área donde se realizan gestiones administrativas y procesamiento de muestras del Centro Logístico.	15
Figura 4: Croquis de las instalaciones de la extensión del área destinada para el procesamiento de muestras de suelo.	18
Figura 5: Promedio en porcentaje de muestras ingresadas mensualmente en el Centro Logístico obtenidas durante el año 2016.....	23

Figura 6A. Recipientes utilizados para lavar y desinfectar las muestras ingresadas (frutos y follaje).....	26
Figura 7A. Procesamiento de muestras para identificar metales o algún toxico en la Figura A se observa el procesamiento de frutos y en la Figura B procesamiento de follaje seco.	26
Figura 8A. Procesamiento de muestras vegetales: en la Figura A se puede identificar el lavado y desinfectado de partes foliares de caña de azúcar; y en las figuras B y C se identifican las muestras en horno; Figura D, el equipo para procesamiento y trituración de muestras; y Figura E, la muestra pulverizada.	27
Figura 9A. Procesamiento de muestras de suelo: en la Figura A se puede identificar tres muestras de suelo para determinar las características físicas del suelo; Figura B pesado de la muestra para análisis; Figura C baño maría de muestras de suelo; y Figuras D a F, medición de textura y porosidad de suelo.	28
Figura 10A. Procesamiento de muestras de alimento para determinar si contienen metales o algún otro toxico.....	29
Figura 11A. Muestras de frutos para realizar análisis de residuos de pesticidas.	29
Figura 12. Promedio de la composición química en porcentaje de los tallos y los jugos de la caña de azúcar.....	39
Figura 13. Época de aplicación de la fertilización nitrogenada en el cultivo de caña de azúcar.	42
Figura 14. Tendencia de las curvas de fertilización con dos fuentes nitro transformación del nitrógeno efecto del pH de la reacción.	47
Figura 15. Curvas de pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH ₃) en porcentaje de urea con inhibidor de ureasa en diferentes concentraciones (0.0 —●—, 0.05 —▼—, 0.10 —■—, and 0.15 —◆— peso/peso).	50

Figura 16. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH ₃) de urea sola, con agua o en mezclas con vinaza y otras fuentes de nitrógeno aplicadas en forma superficial.	52
Figura 17. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH ₃) de urea, urea con inhibidor de ureasa reportados en Brasil.	54
Figura 18. Ubicación experimental finca el Triunfo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	56
Figura 19. Gráfica del reporte precipitación pluvial de la estación meteorológica El Bálsamo en un período de seis meses.	57
Figura 20. Croquis de la distribución de los tratamientos en el área experimental, finca El Triunfo, Pantaleón.	61
Figura 21. Croquis representativo de la unidad experimental, ubicada en la finca El Triunfo, Pantaleón.	62
Figura 22. Curvas de nitrógeno foliar en los respectivos tratamientos evaluados, finca El Triunfo, Pantaleón.	74
Figura 23A. Delimitación del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	82
Figura 24A. Proceso de aplicación de los tratamientos evaluados del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	82
Figura 25A. Formas de aplicación de los tratamientos evaluados del área experimental.	82
Figura 26A. Aplicación de insecticidas y herbicidas para control de plagas encontradas en el área experimental.	83
Figura 27A. Resultados de la aplicación de herbicida para control de malezas encontradas en el área experimental.	83
Figura 28A. Resultados de la aplicación de insecticidas para control de plagas encontradas en el área experimental.	83

Figura 29A. Muestreos foliares mensuales por tratamientos recolectados en el área experimental.....	84
Figura 30A. Fotografía de la cosecha del cultivo de la caña de azúcar por tratamiento evaluado en el área experimental.	84
Figura 31A. Informe del análisis de suelo realizado en el área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	85
Figura 32A. Informe del primer análisis de foliar realizado en el área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	86
Figura 33A. Ubicación del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	87
Figura 34A. Mapa de ubicación del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	88
Figura 35A. Mapa de serie de suelos Simmons & Tarano realizado el área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	89
Figura 36A. Croquis del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	90
Figura 37A. Reporte por pentadal de la temperatura en un periodo de nueve meses de la estación meteorológica el Bálsamo cerca del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	91
Figura 38A. Reporte por pentadal de la precipitación pluvial tomada semanalmente en un periodo de nueve meses de la estación meteorológica el Bálsamo cerca del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	92

	Página
Figura 39. (A) Muestras foliares de caña de azúcar, (B) muestras de frutos banano.	99
Figura 40. Procedimiento de lavado de foliares de caña de azúcar en el Centro Logístico.	100
Figura 41. Proceso de secado de material foliar de caña de azúcar en el Centro Logístico.	101
Figura 42. Proceso de molienda foliar de caña de azúcar, realizado en el Centro Logístico.	102
Figura 43. (A) Envasado de las muestras que serán enviadas a Estados Unidos, (B) contra muestra.	102
Figura 44. Recepción e identificación de muestras de suelo en el Centro Logístico.	103
Figura 45. Traje de seguridad para procesar la muestra de suelo en el Centro Logístico.	104
Figura 46. Secado de suelos en el horno industrial a una temperatura de 50 °C ubicado en el Centro Logístico.	104
Figura 47. (A) Molino de para suelos franco-arcillosos y (B) tamiz y recipiente de metal inoxidable.	105
Figura 48. Probetas y el agitador eléctrico ubicados en Centro Logístico.	106
Figura 49. Calibración y almacenamiento de sensores meteorológicos en el Centro Logístico.	112
Figura 50. Calibración de sondas de succión antes de establecerla en campo.	113

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Parámetros de muestras de suelo con fines nutricionales que se realizan en el laboratorio de A.G.Q.	7
Cuadro 2: Parámetros de análisis de muestras foliar y fruto para análisis nutricional en el laboratorio de A.G.Q.	8
Cuadro 3: Fines agronómicos para la realización de análisis foliares y de frutos.	9
Cuadro 4: Parámetros de los análisis de muestras de solución de suelo que brinda los servicios del laboratorio de A.G.Q.	9

Cuadro 5: Parámetros evaluados en muestras de agua para análisis de calidad y posibles usos.	10
Cuadro 6: Tipos de análisis que se le realizan al agua destinada para riego de cultivos.	10
Cuadro 7: Muestras ingresadas para procesamiento de alimentos y otros derivados de A.G.Q en el Centro Logístico.	11
Cuadro 8. Análisis FODA del Centro Logístico.	20
Cuadro 9. Muestras ingresadas para procesamiento de nutrición vegetal en el Centro Logístico.	21
Cuadro 10: Promedio mensual de muestras para análisis ingresadas en el Centro Logístico mensualmente recolectado durante el año 2016.	22
Cuadro 11. Rango de suficiencia de nitrógeno foliar en temporada 3-5 meses después de ser plantada.	37
Cuadro 12. Efecto de la aplicación del nitrógeno (140 kg/ha) sobre la producción y la calidad de la materia prima de la caña de azúcar.	43
Cuadro 13. Efecto de las condiciones de aplicación de la urea y las pérdidas ocasionadas por la volatilización.	46
Cuadro 14. Pérdidas medias de amonio en la urea debidas a clima y pH del suelo en el cultivo de caña de azúcar.	49
Cuadro 15. Descripción de cinco tratamientos en el orden de aplicación en la parcela experimental.	60
Cuadro 16. Análisis de suelos de la parcela experimental de El Triunfo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	62
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea (ton/ha).	67
Cuadro 18. Prueba de separación de medias para la variable rendimiento de caña de azúcar en toneladas por hectárea (ton/ha).	67
Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable altura de tallos.	69
Cuadro 20. Prueba de separación de medias para la variable altura de tallos.	70
Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable tallos por metro lineal.	71

	Página
Cuadro 22. Prueba de separación de medias para la variable tallos por metro lineal.	71
Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos.	72
Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable grados brix.....	73
Cuadro 25. Análisis económico de los tratamientos evaluados.	75
Cuadro 26A. Niveles de nitrógeno foliar y presentación de análisis estadísticos descriptivos en los tratamientos evaluados, finca El Triunfo, Pantaleón.	81
Cuadro 27. Recepción de muestras que ingresan mensualmente en el Centro Logístico para su respectivo análisis nutricional.	107
Cuadro 28. Inventario de sondas de succión nuevas, usadas y dañadas para ser almacenadas en el Centro Logístico, Guatemala.....	114

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO FUENTES NITROGENADAS, SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), VARIEDAD CP73 - 1547, FINCA EL TRIUNFO, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL CENTRO LOGÍSTICO, DEPARTAMENTO DE AGRITEC, DISAGRO DE GUATEMALA S.A., GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente documento es la integración de tres fases realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía –EPS–. Consta del diagnóstico, investigación y servicios los cuales fueron ejecutados en el periodo de agosto 2016 a mayo de 2017 en los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, así como en la ciudad de Guatemala, en la empresa DISAGRO de Guatemala S.A.

Se diagnosticó la situación actual de los diferentes procesos que se llevan a cabo en el Centro Logístico de la empresa, el cual se encarga de realizar análisis tanto nutricionales así como de residuos contaminantes en vegetales y suelos, análisis de alimentos del área agroindustrial, identificando que las muestras foliares tienen un 24 % de ingresos mensuales dependiendo de la demanda a nivel nutricional y su época de fertilización; luego las muestras de alimentos con 26 % de ingresos y una demanda constante; por último las muestras y soluciones de suelo ingresan en un 22 %, cada una del total de las muestras ingresadas mensualmente.

La investigación se realizó en la finca El Triunfo del Ingenio Pantaleón, ubicado en el Km 86, en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla y consistió en evaluar fertilizantes nitrogenados en el cultivo de la caña de azúcar, se evaluaron dos fuentes nitrogenadas: urea y Nitro-xtend (urea con inhibidor de ureasa) con dos formas de aplicación y dosis, estableciendo cuatro tratamientos y un testigo absoluto, bajo un diseño experimental completamente al azar sobre el rendimiento de la caña de azúcar variedad CP73-1547. En los resultados obtenidos se identificó que el tratamiento dos (Nitro-xtend 100 kg N/ha solución acuosa), presentó el mayor rendimiento con 129.17 T/ha de caña, el cual generó una mayor rentabilidad con 38 % que equivale a un diferencial de U.S. \$ 338.28

en la producción de caña de azúcar, es decir, se debe tomar como modelo en cuanto a tratamiento con fertilizante nitrogenado bajo.

Dentro de los servicios profesionales se desarrollaron dos actividades en el programa del Centro Logístico: primero sirviendo como facilitadora en la recepción de muestras, la realización de diferentes prácticas y mantenimiento del Centro Logístico, y segundo sirviendo como facilitadora para la actualización del inventario y calibración de equipo para estaciones meteorológicas así como sondas de suelo. A continuación se presentan las actividades realizadas en el Centro Logístico con el fin de apoyar y contribuir a mejorar los distintos servicios que este presta.

En el Servicio uno se determinó que por mes se recibe en promedio un total de 542 muestras, de estas el 26 % corresponde a alimentos (140), foliar 22 %, suelos así como soluciones de suelo le corresponde a cada uno 22 % y por ultimo foliares 6 %; se identificó que para reducir el tiempo en que se realizan los análisis a partir de la recepción de la muestra, se debe elaborar una ficha de identificación por cada operario, con el fin de que cada uno de los que reciban las muestras se puedan plantear metas y puedan elaborar los informes por la investigación realizada y los resultados obtenidos.

En el Servicio dos se estimó un total de 69 unidades de sondas en diferentes estados y profundidades de suelo, disponibles para uso inmediato en stock nuevo y usado del total el 86 % (59 unidades) corresponde a sondas que están en óptimas condiciones para ser utilizadas mientras que el 14 % restante (10 unidades) se encuentran dañadas. Se estimaron 12 bombas de vacío en buen estado y tres barrenos disponibles para realizar muestreos de suelo.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL CENTRO LOGÍSTICO, DEPARTAMENTO DE AGRITEC, DISAGRO DE GUATEMALA, S.A.

1.1 INTRODUCCIÓN

Disagro de Guatemala S.A es una empresa de origen guatemalteco que pone a la disposición de los guatemaltecos, centroamericanos, mexicanos y colombianos de fertilizantes agrícolas, maquinaria y equipo agrícola, productos de protección de cultivos, así como para nutrición animal.

El Centro Logístico es el principal receptor de muestras para análisis nutricional (vegetal y suelo) y otros; da soporte a dos departamentos que son AgriTEC y A.G.Q., ingresan mensualmente un 24 % de muestras foliares; 26 % de muestras de alimentos; por último las muestras de suelo y de soluciones de suelo ingresan un 22 % por cada una, su finalidad es la gestión del procesamiento de análisis favoreciendo un desarrollo eficiente y flexible, que permita dar una respuesta más rápida a los clientes.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se realizó el diagnóstico institucional de Disagro para el año 2017.

En este informe se presentan los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa, además de las distintas problemáticas detectadas, así como las fortalezas que los empleados de dicha institución consideran que posee. Para la obtención de la información se realizaron varios recorridos en el Centro Logístico, que forma parte del departamento de AgriTEC para observar las instalaciones y entrevistar al personal de trabajo. Fue realizado durante los meses de agosto y septiembre del año 2017.

El Centro Logístico posee el material, equipo y personal especializado para realizar los análisis: nutricionales y de residuos contaminantes en las muestras (vegetal y suelo), así como análisis de alimentos de la industria agroindustrial que ingresan, así mismo busca entregar a sus clientes el resultado más eficiente y en el menor tiempo posible.

Las muestras foliares tienen un 24 % de ingresos mensuales dependiendo de la demanda a nivel nutricional y su época de fertilización; las muestras de alimentos tienen 26 % de ingresos y una demanda constante; por último las muestras y soluciones de suelo ingresan en un 22 %, cada una del total de las muestras ingresadas mensualmente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conocer el funcionamiento del Centro Logístico del departamento de AgriTEC, Disagro, Guatemala, S.A.

1.2.2 Específicos

1. Identificar los principales servicios que ofrece el Centro Logístico del departamento de AgriTEC.
2. Identificar los principales tipos de muestras que recibe el Centro Logístico.

1.3 MARCO REFERENCIAL

1.3.1 Ubicación del Centro Logístico

El Centro Logístico perteneciente al departamento de AgriTEC ofrece sus servicios dentro de las instalaciones de Disagro de Guatemala, S.A. central, ubicado en el Anillo Periférico 17-36 zona 11 del departamento de Guatemala (figura 1).



Fuente: Google earth, 2017

Figura 1: Ubicación del Centro Logístico dentro de las instalaciones de Disagro central.

1.3.2 Servicios que presta el Centro Logístico

Seguimiento nutricional que realiza el personal de AgriTEC, para verificar la efectividad de los productos que se lanzan al mercado.

A. Análisis químico de suelo

Consiste en medir los niveles nutricionales del suelo y mejorar la eficiencia en la producción. Es una herramienta de diagnóstico y guía que debe considerarse junto con la

información disponible sobre caracterización del suelo, potencial de productividad, cultivo e historial de manejo, además del factor humano. El uso regular del análisis de suelo, se realiza para evaluar el estado y los cambios nutricionales que ocurren en él, a fin de mantener su productividad (Tecnología, 2011).

El cuadro 1 muestra los análisis que se realizan en el laboratorio A.G.Q. después de ser procesados en el Centro Logístico.

Cuadro 1: Parámetros de muestras de suelo con fines nutricionales que se realizan en el laboratorio de A.G.Q.

Análisis de Suelos		
No.	Análisis tipo	Parámetros
1	Suelo Básico	Nitrógeno Dumas, Fósforo, Potasio, pH, C.E., granulometría, Sodio disponible, Magnesio disponible, calcio disponible, Materia orgánica y CIC calculada
2	Suelo Completo	Nitrógeno Dumas, Fósforo, Potasio, pH, C.E., granulometría, Sodio disponible, Magnesio disponible, Calcio disponible, Materia orgánica, CIC calculada, <i>Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro asimilable y Azufre soluble</i>
3	Suelo Avanzado	Nitrógeno Dumas, Fósforo, Potasio, pH, C.E., granulometría, Sodio disponible, Magnesio disponible, Calcio disponible, Materia orgánica, CIC calculada, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro asimilable, Azufre soluble, <i>pH KCl y bases de cambio (Ca, Mg, Na, K y Al)</i>
4	Suelo mapeo	Nitrógeno Dumas, Fósforo, Potasio, pH, Sodio disponible, magnesio disponible, Calcio disponible, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Azufre soluble y Boro asimilable
5	Propiedades físicas e Centro Logístico	Textura, pH, Conductividad eléctrica en suelos (C.E.) y Densidad aparente

Fuente: Tecnología, 2011.

B. Análisis químico foliar y fruto

Uno de los principales servicios que presta el Centro Logístico son los análisis foliares o de tejidos vegetales, mientras que AgriTEC brinda un seguimiento nutricional, con el fin de lograr un buen diagnóstico. Conforme avanzan los conocimientos sobre nutrición en cada etapa de crecimiento de la planta, el análisis foliar se ha convertido en una herramienta muy útil para lograr altos rendimientos.

El cuadro 2 presenta los análisis de tipo foliar y fruto que se realizan en el laboratorio A.G.Q., después de ser procesados en el Centro Logístico.

Cuadro 2: Parámetros de análisis de muestras foliar y fruto para análisis nutricional en el laboratorio de A.G.Q.

Análisis Foliar / Fruto		
No.	Análisis tipo	Parámetros
1	Foliar mercadeo	Nitrógeno Dumas, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Sodio, Boro, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc y Molibdeno
2	Foliar completo	Nitrógeno Dumas, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Cloruros, Sodio, Boro, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc y Molibdeno
3	Foliar avanzado	Nitrógeno Dumas, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Cloruros, Sodio, Boro, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Molibdeno y Aluminio.

Fuente: Tecnología, 2011

Los análisis foliares comúnmente se utilizan como herramienta de diagnóstico para futuras correcciones de nutrientes problema, un análisis de tejido de planta joven permite hacer correcciones de fertilización a tiempo, durante el ciclo de crecimiento.

El cuadro 3 muestra las principales motivaciones que conllevan a realizar análisis foliares y/o fruto.

Cuadro 3: Fines agronómicos para la realización de análisis foliares y de frutos.

Cuando realizar un análisis foliar o de fruto
Confirmar un diagnóstico a partir de síntomas visibles.
Identificar carencias ocultas que no producen síntomas.
Ubicar áreas de suelo con deficiencias de nutrientes
Determinar los nutrientes que ha absorbido la planta
Aprender sobre interacciones entre nutrientes
Estudiar el funcionamiento de los nutrientes en las plantas
Sugerir estudios o pruebas adicionales.

Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V., 2011.

C. Análisis de solución de suelos

La solución de suelo (fase líquida del suelo y sus solutos) se analiza con el fin de conocer fertilidad del suelo, su capacidad productiva y es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar (UNAL, 2002).

El cuadro 4 muestra los parámetros seguidos para el análisis de solución de suelo en el laboratorio A.G.Q. después de ser procesados en el Centro Logístico (cuadro 4).

Cuadro 4: Parámetros de los análisis de muestras de solución de suelo que brinda los servicios del laboratorio de A.G.Q.

Análisis de solución de suelo		
No.	Análisis tipo	Parámetros
1	Soluciones 1	pH, C.E., fosfatos; nitratos, sulfatos, cloruros, amonio, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre y Boro
2	Soluciones 2	pH, C.E., fosfatos; nitratos, sulfatos, cloruros, amonio, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro y <i>Aluminio</i>
3	Soluciones 3	pH, C.E., fosfatos; nitratos, sulfatos, cloruros, amonio, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro y <i>Urea</i>
4	Soluciones 4	pH, C.E., fosfatos; nitratos, sulfatos, cloruros, amonio, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, <i>Aluminio y Urea</i>

Fuente: Tecnología, 2011

D. Análisis de agua

El agua es el principal factor que limita la producción agrícola, donde la precipitación no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos. Para interpretar la calidad del agua para riego, se utiliza una serie de parámetros (cuadro 5) que evalúan el posible riesgo de deterioro del suelo y como ésta puede afectar la producción agrícola.

Cuadro 5: Parámetros evaluados en muestras de agua para análisis de calidad y posibles usos.

No.	Parámetros
1	Conductividad eléctrica (CE) o sales totales
2	Relación de adsorción de sodio (RAS).
3	Aniones y Cationes presentes, necesarios para reconocer cuál es la sal dominante en el agua evaluada.
4	Carbonato de sodio residual (CSR).
5	Porcentaje de sodio soluble (PSS)

Fuente: Tecnología, 2011

El cuadro 6 muestra los diferentes análisis que se le realizan al agua con fines de riego para conocer la composición de sales que posee.

Cuadro 6: Tipos de análisis que se le realizan al agua destinada para riego de cultivos.

No.	Muestra	Análisis realizados
1	Agua	pH, C.E., bicarbonatos, nitratos, sulfatos, cloruros, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre y Boro

Fuente: Tecnología, 2011

E. Servicios de A.G.Q

En el cuadro 7 se observan los análisis que se realizan en alimentos procesados y otros derivados a nivel agroindustrial, lo cual son parte de los servicios que presta A.G.Q..

Cuadro 7: Muestras ingresadas para procesamiento de alimentos y otros derivados de A.G.Q en el Centro Logístico.

No.	Tipo de análisis de servicios de AGQ
1	Análisis de residuos de plaguicidas (fitosanitarios o pesticidas)
2	Determinaciones específicas (análisis de glifosato, azadirectina, fosetil aluminio, etefón, fembutestan, cloruro de cloromequat, azufre elemental, etc.)
3	Ditiocarbamatos
4	Metales pesados por ICP-MS o ICP-OES
5	Análisis de micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxinas, patulina)
6	Microcontaminantes (PCB'S, HAP, toxinas)
7	Compuestos orgánicos volátiles (VOS's)
8	Antibióticos
9	Colorantes
10	Análisis inorgánicos
11	Análisis claves para el control de productos específicos (frutas y vegetales transformados, pescado, camarón, aceites, vinos, biomasa)
12	Otros: anisoles, nitrofuranos, histamina
13	Análisis de amonios cuaternarios
14	Análisis de percloratos

Fuente: Centro Logístico, 2016.

El Centro Logístico es receptor de muestras que pertenecen al departamento de A.G.Q, que dispone de servicios con la alianza estratégica y comercial de la empresa española proveedora (Labs & Technological Services AGQ, S.L.), en donde se realizan estudios a nivel agroindustrial y alimenticio.

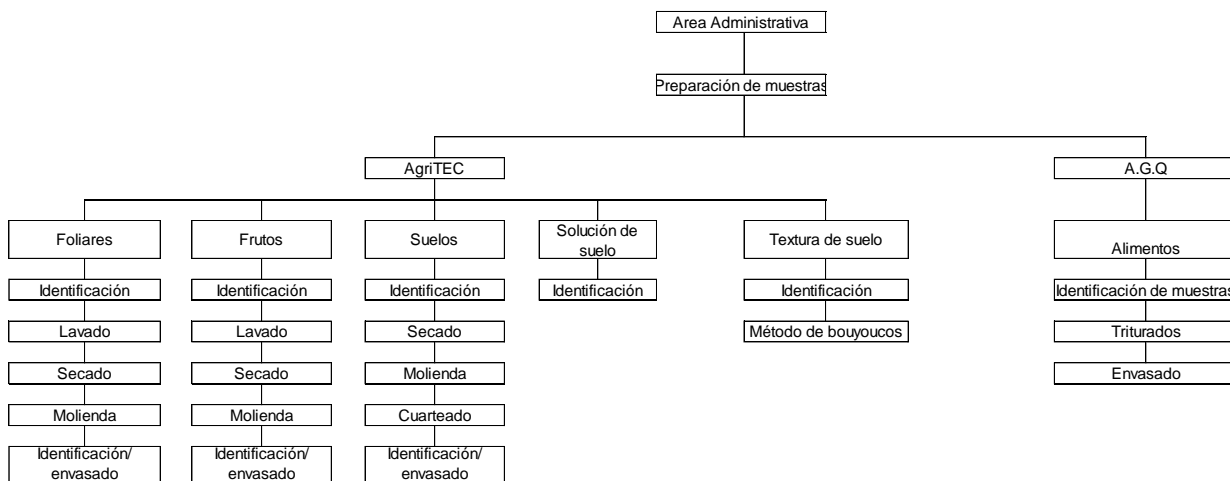
1.3.3 Características del Centro Logístico de AgriTEC

Las instalaciones del Centro Logístico están ubicadas dentro de las oficinas centrales de DISAGRO, en el Anillo Periférico 17-36 zona 11 de Guatemala. El Centro Logístico es el

principal receptor de muestras para análisis nutricional (vegetal y suelo) y otros; da soporte a dos departamentos que son AgriTEC y A.G.Q.

La actividad logística funciona dentro de los espacios de distribución donde se almacenan los equipos y materiales necesarios para el procesamiento de muestras de análisis ingresados por departamento, así mismo favorecer el desarrollo más eficiente y flexible, que permita dar una respuesta más rápida a los clientes. En la figura 3 se observa cada una de las actividades que se gestionan por departamento y tener perspectiva más amplia de los procesos según el ciclo de plazo de pedidos durante el año.

Dentro de algunas actividades administrativas, se realizan inventarios de las muestras de análisis nutricionales (vegetal y suelo) que ingresan durante el ciclo de plazo, la frecuencia y fiabilidad de entrega de resultados de los análisis, la disponibilidad de stocks de materiales para realizar los procesos, el cumplimiento de los plazos de entrega y las restricciones de tamaño del pedido.



Fuente: Disagro, 2017

Figura 2: Actividades y procesamientos de análisis de muestras que ingresan al Centro Logístico pertenecientes a dos departamentos AgriTEC y A.G.Q.

En el departamento de AgriTec se realizan estudios nutricionales de áreas macro de los principales cultivos como: caña de azúcar, banano, café, palma, aguacate y otros; con el

objetivo de conocer el estado nutricional de dichos cultivos, para saber qué y cuándo aplicar fertilizantes; estos son estándares que varían cada año de producción, por eso es necesario realizar muestreos en cada ciclo del cultivo. El Centro Logístico es el receptor de las muestras de foliares, frutos, suelos y soluciones de suelos. El proceso para cada muestra vegetal es diferente, depende principalmente si el muestreo es a nivel nutricional o de residuos de plaguicidas permitidos, que se encuentren en su límite máximo permitido (LMR) para aquellos productos destinados a la exportación.

1.3.4 Metodología para el ingreso de muestras y actividades del Centro Logístico

Según el Centro Logístico (2016), los pasos que a continuación se presentan deberán seguirse cada vez que un agricultor presenta sus muestras para su análisis.

1. Recepción de la muestra al Centro Logístico
2. Llenado del formato de ingreso de muestras
3. Preparación de las muestras para enviar al laboratorio A.G.Q.
4. Enviar las muestras al laboratorio A.G.Q.
5. Recibir y procesar resultados
6. Mantener la trazabilidad de las muestras
7. Encargada proporcional material de muestreo
8. Mantener el control de inventario de estaciones de riego y seguimiento nutricional

A. Materiales y equipo

El Centro Logístico cuenta con material y equipo de vanguardia para realizar los diferentes análisis que ofrece el centro. La metodología que se sigue para dichos análisis son evaluadas, analizadas y actualizadas constantemente con el fin de ofrecer un mejor servicio (Logística, 2016).

1.3.5 Laboratorio proveedor para análisis de muestras

Desde el año 2008, Disagro cuenta con una alianza estratégica y comercial con la empresa española Labs & Technological Services AGQ, S.L. (cuenta con más de 20 años de experiencia en diversos cultivos en Europa, Norte de África, Sudamérica y Estados Unidos) para la realización del análisis de las muestras ingresadas y procesadas en el Centro Logístico.

1.3.6 Clientes demandantes de análisis

Los clientes principales que ingresan sus muestras cada año se catalogan en cualquiera de las siguientes categorías:

1. Cultivos intensivos y extensivos: Productores de caña de azúcar, banano, café, hortalizas, cardamomo, aguacate, palma y otros.
2. Agroindustrial: Empresas de alimentos.

1.3.7 Croquis de la organización del área de procesamiento de muestras que se encuentran del Centro Logístico.

El sistema de organización del Centro Logístico es un conjunto ordenado de normas, criterios y metodologías para formar un plan estratégico, contribuyendo al logro de los objetivos.

En la figura 3 se observa el croquis del área de trabajo donde se realizan gestiones administrativas y procesamiento de muestras del Centro Logístico. Su función es la recepción de ingreso muestras materiales vegetales entre otros, el registro de entradas y salidas de los materiales al almacén, almacenamiento de muestras materiales retenidas, despacho de las muestras a su destino, coordinación del almacén con los departamentos de control de inventarios y contabilidad.



Fuente: AgriTEC, 2016

Figura 3: Área donde se realizan gestiones administrativas y procesamiento de muestras del Centro Logístico.

A continuación se describirán cada una de las áreas identificadas y sus principales funciones.

A. Área administrativa

El objetivo del área administrativa, es favorecer el desarrollo eficiente y ordenado de las gestiones solicitadas como soporte de los dos departamentos que abastece, para proporcionar una distribución eficiente que permita dar una respuesta más rápida de los análisis a sus clientes. Dentro de sus principales funciones están la planeación, organización, dirección, coordinación y control de todas las actividades realizadas en el Centro Logístico.

B. Área de preparación de muestras

El área de preparación de muestras dispone con equipo y material esencial para llevar a cabo los procedimientos de cada tipo muestras.

C. Área de lavado y esterilización

El área de lavado y esterilización, dispone del material y equipo de limpieza para conservar la inocuidad de las muestras que son procesadas. Su objetivo es eliminar los residuos de polvo o suciedad de las muestras vegetales que serán utilizadas para análisis nutricional y así mantener la inocuidad de eficaz del material a evaluar.

D. Área de secado

El área de secado cuenta, dispone con secadoras industriales destinados para un cierto porcentaje de muestras de material vegetal y suelos que ingresan durante el ciclo de temporadas altas. Su función es realizar el secado de muestras foliares, frutos y suelos. La temperatura está establecida en función a cada tipo de material vegetal con las instrucciones correspondientes.

E. Área de enfriamiento

El área cuenta con refrigeradores y congeladores para el almacenamiento de muestras principalmente vegetales, frutas y alimentos, con el fin de conservar sus propiedades físicas y químicas durante un tiempo prolongado hasta llegue a su destino. La muestras que se procesa principalmente son para la evaluación de residuos de plaguicidas permitidos, que estos se encuentren en su límite máximo de residuos permitidos (LMR) ya que están destinados a exportación.

F. Área de preparación de muestras de suelo para textura

El área dispone con el equipo y material necesario para llevar a cabo el procedimiento de bouyucous, donde se obtienen las mediciones de textura, pH y conductividad eléctrica.

G. Área de almacenamiento

El área de almacenamiento, dispone está equipada con estanterías donde se guardan las retenciones contra-muestras, hasta verificar que la muestra original, hayan llegado a su destino y los resultados sean los correctos, se desechara la contra-muestra. Su función es la gestión del proceso logístico que se encarga de la recepción, el almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta al punto de consumo de cualquier unidad logística, así como las muestras retenidas hasta que se valide la información de datos de cada uno de los procesos estudiados.

H. Instalaciones del área de suelos extensión del Centro Logístico

La figura 4 muestra una extensión del Centro Logístico, enfocada principalmente para el procesamiento de suelos. Su función es realizar el secado del suelo, su molienda (por medio de un molino de acero), cuarteado, tamizado de las muestras hasta elaborar su empaque.



Fuente: AgriTEC, 2016

Figura 4: Croquis de las instalaciones de la extensión del área destinada para el procesamiento de muestras de suelo.

1.4 METODOLOGÍA

Para la recolección de información verbal y documental se realizaron las siguientes actividades:

1. Entrevistas realizadas al personal administrativo del departamento de AgriTEC y servicios de A.G.Q.
2. Toma de fotografías indicando las actividades y procesos que se realizan dentro del departamento de AgriTec.
3. Obtención de datos por medio de gráficas

1.4.1 Fase de campo

Durante esta fase se realizó el reconocimiento del área por medio de la observación, con la finalidad de identificar las condiciones físicas de las instalaciones, los materiales y equipo para la realización de sus actividades diarias.

1. Se entrevistó al personal de trabajo y encargados del Centro Logístico con el objetivo de recopilar información histórica y manejo del laboratorio.

2. Se realizó una estadística de los muestreos que entran y la demanda de los mismos

1.4.2 Fase de gabinete final

El Centro Logístico es el principal receptor de muestras para análisis nutricional (vegetal y suelo) y otros; da soporte a dos departamentos que son AgriTEC y A.G.Q., en el ingresan mensualmente un 24 % de muestras foliares; 26 % de muestras de alimentos; por último las muestras de suelo representan un 22% y las muestras de soluciones de suelo ingresadas un 22 % (Logístico, 2016).

La principal finalidad es la gestión del procesamiento de análisis, favoreciendo un desarrollo eficiente y flexible, que permita dar una rápida respuesta a los clientes.

1.5 RESULTADOS Y ANÁLISIS

1.5.1 Análisis FODA

Se realizó un análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas –FODA– del Centro Logístico el cual se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. Análisis FODA del Centro Logístico

Fortalezas	Debilidades
<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacidades fundamentales en áreas claves: Asesores especialistas agrónomos, administrativos, técnicos químicos y especialistas reconocidos en laboratorios A.G.Q. 2. Tienen la capacidad de brindar servicios técnicos agrícolas. 3. Disagro es una empresa sólida con y estabilidad económica empresarial. 4. Equipo de trabajo comprometido y con oportunidad de crecimiento profesional. 5. Buena imagen de los clientes. 6. Excelente ambiente laboral. 7. Proactividad en la gestión de los servicios. 8. Conocimiento en el mercado. 9. Propiedad de la tecnología. 10. Estabilidad económica. 11. Entrega rápida de resultados de los análisis de laboratorio. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La mayor demanda es por temporadas de producción, por lo que se quedan períodos bajos. 2. El área o establecimiento de trabajo es muy pequeña para el mercado que abastecen en Guatemala. 3. Falta de promoción. 4. No hay instalación específica y amplia para recibir a los clientes dentro del Centro Logístico. 5. Pérdidas en el traslado de muestras al enviarlas al laboratorio de Europa. 6. Personal reducido para abastecer el mercado y limitan el crecimiento.
Oportunidades	Amenazas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Atender a grupos adicionales de clientes. Ingresar a nuevos mercados. 2. Incrementar nuevos servicios en laboratorio. 3. Crecimiento más rápido en el mercado. 4. Nuevas tecnologías que pueden ser adquiridas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrada de competidores con costos menores. 2. Incremento de los competidores con costos menores. 3. Incremento en las ventas y servicios sustitutos. 4. Crecimiento más lento en el mercado.

En este análisis FODA se identificó las situaciones internas (fortaleza y debilidades) así como externas (oportunidades y amenazas) del laboratorio.

1.5.2 Muestras para análisis nutricional de material vegetal que ingresan al mes

Cuadro 9. Muestras ingresadas para procesamiento de nutrición vegetal en el Centro Logístico.

No.	Tipo de muestras
1	Foliar
2	Fruto
3	Suelos
4	Soluciones de suelo

Fuente: Tecnología, 2011

El Centro Logístico es el principal receptor de muestras foliares, frutos, suelos y soluciones de suelos para su análisis nutricional. La demanda depende de los pedidos que se generan a partir de los estudios nutricionales, como la elaboración de biometrías de áreas de trabajo a nivel macro de cultivos como la caña de azúcar, banano, café, palma, aguacate y otros; que tienen como objetivo mantener o incrementar su productividad, procurando mantener los estándares nutricionales, que varían por la absorción de nutrientes en el suelo del cultivo cada año, por eso se hace necesario implementar muestreos cada cierto tiempo en el ciclo del cultivo.

A. Promedio de muestras que ingresan mensualmente en el Centro Logístico

El cuadro 10 muestra el promedio de las muestras de material vegetal, foliar, frutos, suelos, soluciones de suelo y alimentos que ingresaron mensualmente durante el año 2016. En el cultivo de caña de azúcar, el ingreso de muestras aumenta en época de lluvia (mayo-septiembre) y disminuye durante la zafra (octubre-febrero) de cada año.

Cuadro 10: Promedio mensual de muestras para análisis ingresadas en el Centro Logístico mensualmente recolectado durante el año 2016.

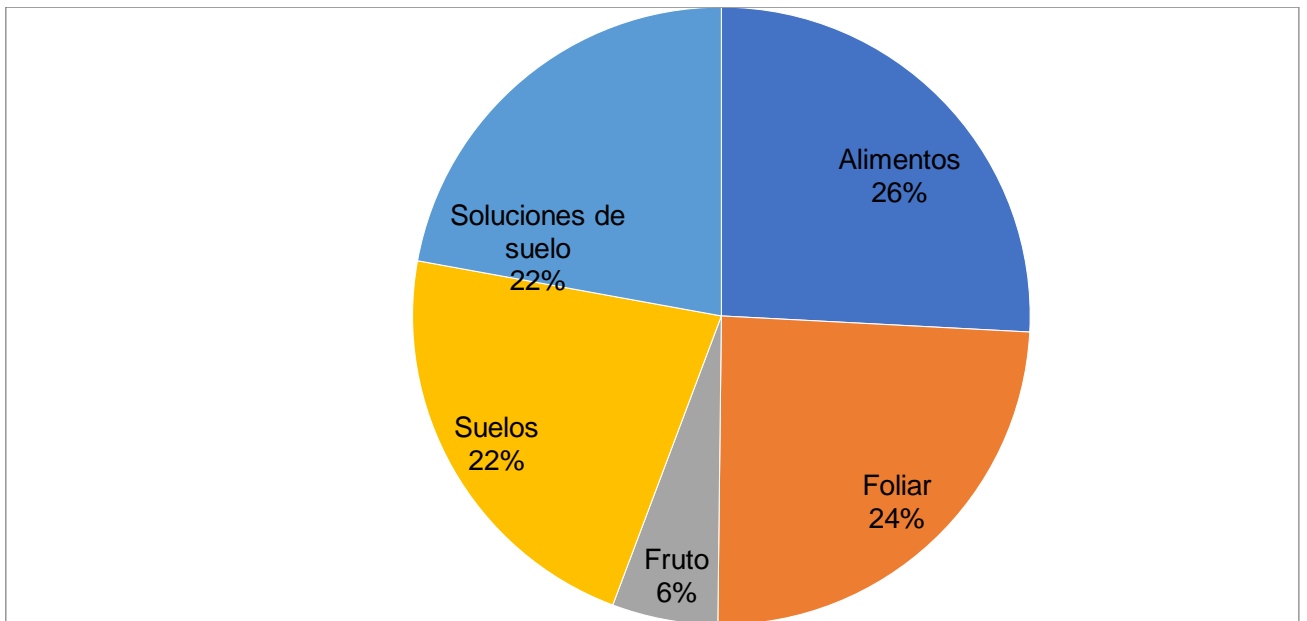
No.	Tipo de muestras	Unidad/mes
1	Alimentos	140
2	Foliar	132
3	Fruto	30
4	Suelos	120
5	Soluciones de suelo	120

Fuente: Tecnología, 2011

Aproximadamente ingresan 140 unidades de alimentos cada mes, dependiendo de la temporada de producción y el número de clientes con que se cuente. Las empresas exportadoras de frutos como mora, fresa, melón y hortalizas tienen una producción anual que depende principalmente del ciclo del cultivo y la temporada de su cosecha, hasta que llega al consumidor. Para poder exportar productos hacia otros países, es necesario conocer los requisitos establecidos que tengan los países de destino y se deberán realizar análisis necesarios que muestren la calidad de los productos y que indiquen que cumplen con los requerimientos (agriTEC, 2016).

132 unidades de foliares, 30 unidades de frutos, 120 unidades y soluciones de suelos ingresaron mensualmente en el año 2016 para realizar análisis a nivel nutricional de cultivos (caña de azúcar, café, banano, palma, aguacate y otros), por seguimiento nutricional e incorporación de fertilización por parte del departamento de AgriTEC (AgriTEC, 2016).

En la figura 5 se puede observar la gráfica del promedio en porcentaje de las muestras ingresadas mensualmente en el Centro Logístico obtenidas durante el año 2016.



Fuente: Centro Logístico, 2016

Figura 5: Promedio en porcentaje de muestras ingresadas mensualmente en el Centro Logístico obtenidas durante el año 2016.

El promedio de muestras ingresadas por mes al Centro Logístico durante el año 2016, dependió de la demanda del ciclo del cultivo a nivel nutricional y época de fertilización.

B. Tiempo estimado de entrega de resultados de los análisis

Depende de los criterios de priorización que se tengan en el laboratorio, pero pueden entregarse a los 7 o 15 días después de la recepción de la muestra.

1.6 CONCLUSIONES

1. El Centro Logístico posee el material, equipo y personal especializado para realizar los análisis: nutricionales y de residuos contaminantes en las muestras (vegetal y suelo), así como análisis de alimentos de la industria agroindustrial que ingresan, así mismo busca entregar a sus clientes el resultado más eficiente y en el menor tiempo posible.
2. Las muestras foliares tienen un 24 % de ingresos mensuales dependiendo de la demanda a nivel nutricional y su época de fertilización; las muestras de alimentos tienen 26 % de ingresos y una demanda constante; por último las muestras y soluciones de suelo ingresan en un 22 %, cada una del total de las muestras ingresadas mensualmente.

1.7 RECOMENDACIONES

1. El Centro Logístico debe seguir innovando y mejorando los productos que ofrece a sus clientes.
2. Promocionar los análisis que ofrece el Centro Logístico a nivel nacional, con el fin de que tanto el mediano y pequeño agricultor puedan beneficiarse y así hacer proyección social en todo el territorio nacional, promoviendo los productos y servicios que ofrece Disagro, Guatemala.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Ballou H., R. (2004). *Logística de administración de la cadena de suministro*. (5 ed.). Madrid, España: Días Santos.
2. Cos, J. P. (2001). *Manual de logística*. Madrid España: Díaz de Santos.
3. DISAGRO, Guatemala. (2016a). *Centro Logístico*. Guatemala.
4. DISAGRO, Guatemala. (2016b). *Diagnóstico de EPS*. (L. Castillo, Entrevistador).

1.9 ANEXOS



Figura 6A. Recipientes utilizados para lavar y desinfectar las muestras ingresadas (frutos y follaje).



Figura 7A. Procesamiento de muestras para identificar metales o algún toxico en la Figura A se observa el procesamiento de frutos y en la Figura B procesamiento de follaje seco.

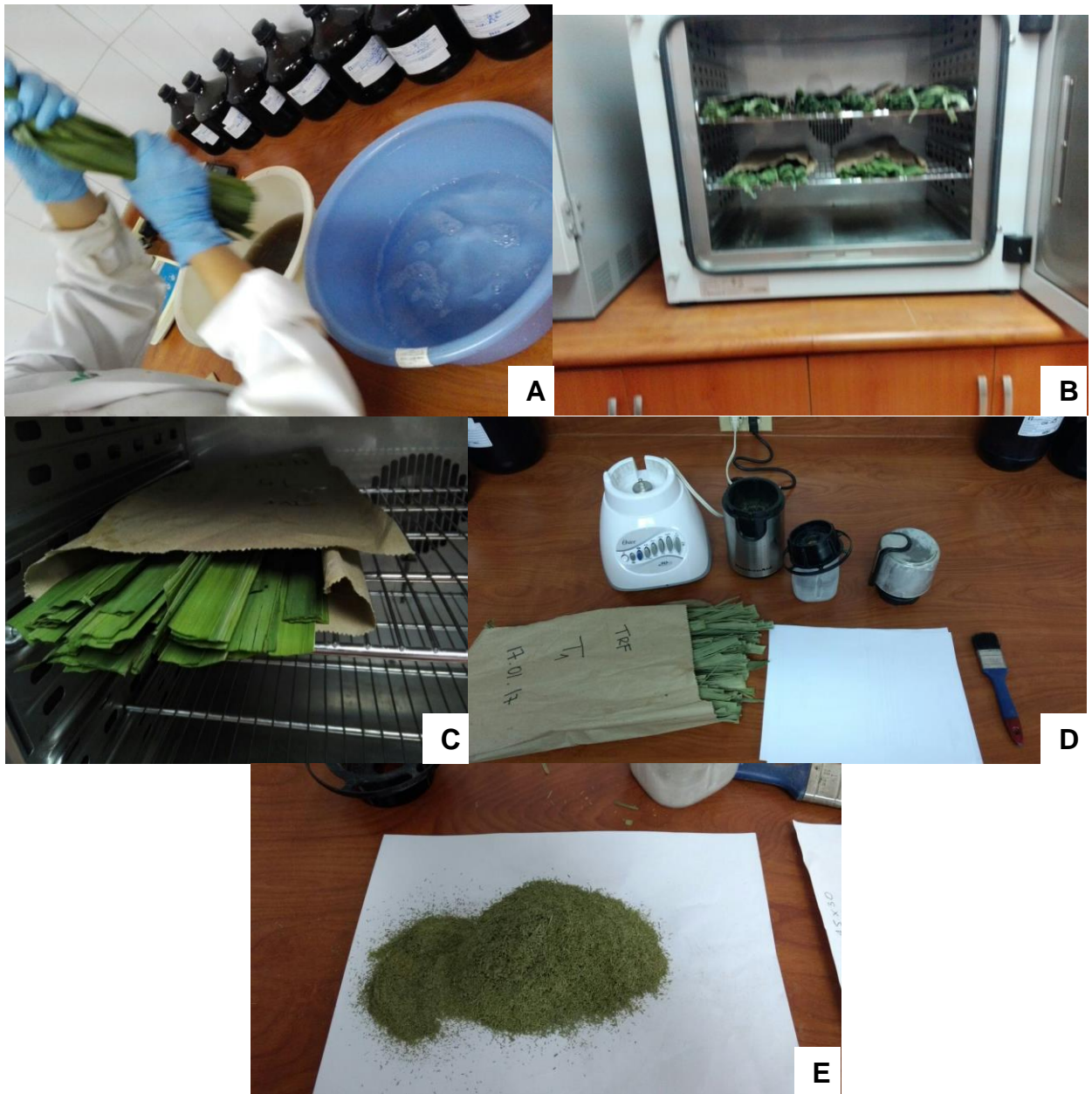


Figura 8A. Procesamiento de muestras vegetales: en la Figura A se puede identificar el lavado y desinfectado de partes foliares de caña de azúcar; y en las Figuras B y C se identifican las muestras en horno; Figura D, el equipo para procesamiento y trituración de muestras; y Figura E, la muestra pulverizada.



Figura 9A. Procesamiento de muestras de suelo: en la Figura A se puede identificar 3 muestras de suelo para determinar las características físicas del suelo; Figura B pesado de la muestra para análisis; Figura C baño maría de muestras de suelo; Figuras D, E y F, medición de textura y porosidad de suelo.



Figura 10A. Procesamiento de muestras de alimento para determinar si contienen metales o algún otro tóxico.



Figura 11A. Muestras de frutos para realizar análisis de residuos de pesticidas.

The seal of the Universidad de San Carlos de Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a seated woman, likely the Virgin Mary, holding a child. Above her is a golden dome with a cross. To the left is a castle, and to the right is a lion rampant. Below the central figure is a knight on horseback. The seal is surrounded by the Latin text "UNIVERSITAS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA PROCEMATA" at the top and "GUATEMALENSIS INTER" at the bottom.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO FUENTES NITROGENADAS, SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), VARIEDAD CP73 - 1547, FINCA EL TRIUNFO, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF THE EFFECT OF FOUR NITROGENOUS SOURCES ON THE PERFORMANCE OF THE SUGARCANE CROP (*Saccharum officinarum* L.), VARIETY CP73 - 1547, IN THE FARM EL TRIUNFO, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

2.1 INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo de gran importancia económica y social para Guatemala, actualmente operan 11 Ingenios, ubicados entre las coordenadas geográficas 91°50'00" - 90°10'00" longitud oeste y 14°33'00" - 13°50'00" latitud norte. Geopolíticamente está localizada en los departamentos de la costa del sur, siendo Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu, con altitudes que van desde los 0 m hasta aproximadamente los 1200 m s.n.m. (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinoza, 2014).

En la zafra 2015-16, estas fincas cultivaron un área de 270 mil ha, en las que producen 27 millones de T de caña molida, que constituyen un total de 2, 822, 604 T de azúcar, de esto un 27 % es para consumo local y un 7 % es para exportaciones (Asociación de Azucareros de Guatemala (AZASGUA), 2017). En Centroamérica se reportan los siguientes rendimientos promedio en T: Guatemala 108, Nicaragua 72, Honduras 71,32 y El Salvador 61 (El Nuevo Diario, Nicaragua, 2015).

La corporación Pantaleón-Concepción es una organización agroindustrial dedicada al procesamiento responsable de caña de azúcar para la producción de azúcar y sus derivados, que abarca México, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Brasil. El Ingenio en Guatemala, tiene un área aproximada de 54,000 ha en producción, y en la zafra 2015-2016 reportan una producción de 11.05 T/ha de azúcar, y 107 T/ha de caña.

El experimento se realizó en la finca El Triunfo del Ingenio Pantaleón, ubicado en el Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla (Corporación Pantaleón, Guatemala, 2017) y consistió en evaluar la fuente nitrogenada más utilizada es la urea (100 kg/ha), su aplicación en caña de azúcar puede realizarse en forma manual sobre el surco o en forma mecánica. Es conveniente resaltar la necesidad de realizar un efectivo tapado del fertilizante durante la labor de fertilización, o bien se incorpore en riego para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización. Actualmente se ha generado gran interés en el uso de fertilizantes nitrogenados estabilizadores con mayor eficiencia en

compuestos, potencial de inhibir la hidrólisis de la urea y para reducir las pérdidas por volatilización. El fertilizante de nitrógeno Nitro-xtend con Agrotain es urea recubierta con inhibidor de ureasa, que inhibe la acción catalítica de dicha enzima en la hidrólisis de urea, además de darse menores pérdidas de nitrógeno ureico por volatilización de amoníaco (AAFCO, 2005).

Para validar estos aportes de información se realizó la evaluación de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de la caña de azúcar, se evaluaron dos fuentes nitrogenadas urea y Nitro-xtend (urea con inhibidor de ureasa), estableciendo 4 tratamientos y un testigo absoluto, bajo un diseño experimental completamente al azar sobre el rendimiento de la caña variedad CP73-1547, finca El Triunfo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

La aplicación de nitrógeno incrementó el contenido de nitrógeno foliar con respecto al testigo absoluto. Dentro de las variables biométricas, los tallos por m lineal tuvieron el mismo efecto, con respecto a las otras variables se obtuvo un incremento en la altura de tallos y diámetro de tallos alcanzado con respecto al testigo absoluto. Los grados Brix con la aplicación de nitrógeno no presentan variabilidad.

El tratamiento dos (Nitro-xtend 100 kg/ha de N en solución acuosa), presentó el mayor rendimiento (129.17 T/ha de caña) y genera mayor rentabilidad (38 % que equivale a un diferencial de U.S. \$ 338.28) en la producción de caña de azúcar, es decir, se debe tomar como modelo en cuanto a tratamiento con fertilizante nitrogenado.

Los tratamientos uno, tres y cuatro, no se recomiendan debido a su elevado coste.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco Conceptual

A. Origen de la caña de azúcar (*S. officinarum* L.)

La caña de azúcar es una gramínea perenne perteneciente a la familia Poaceae, nativa de las regiones subtropicales y tropicales del sudeste asiático. A finales del siglo XV fue llevada por Cristóbal Colón a las islas del Caribe, de ahí se define su procedencia a toda América (Larrahondo, 1995).

B. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar (*S. officinarum* L.)

La clasificación filogenética de la caña de azúcar propuesto por Arthur Cronquist (1981) es la siguiente:

Reino:	Vegetal
División:	Magnolophyta
Clase:	Angiospermae
Sub-clase:	Monocotyledoneae
Súper orden:	Monocotyledoneae
Orden:	Commelinales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Saccharum</i>
Especie:	<i>officinarum</i> Fuente especificada no válida..

C. Morfología y fisiología de la caña de azúcar

La caña de azúcar se encuentra morfológicamente constituida, por parte aérea en: tallos, hojas, inflorescencias y semillas, mientras que la parte subterránea está compuesta por: raíces y rizomas (Monzambani, Pintos, & Segato, 2006). La parte morfológica de la caña

de azúcar de interés comercial es el tallo que posee sacarosa industrializable. La composición química de los tallos es extremadamente variable en función de diversos factores como: la variedad del cultivo, edad fisiológica, condiciones climáticas durante el desarrollo y maduración; propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo; y tipo del cultivo (Marques, Marques, & Tasso, 2001).

Adicionalmente, la caña no presenta fotorrespiración aparente, con lo cual no elimina o pierde CO_2 por las hojas a tasas rápidas, simultáneamente con la absorción de CO_2 por la fotosíntesis y estimulada por la luz. La vía "C4" permite realizar la fotosíntesis con los estomas prácticamente cerrados, lo que duplica su eficiencia en el uso del agua y su transpiración relativa (fotosíntesis líquida/transpiración), en comparación con otras gramíneas del tipo "C3". Por esta razón, la caña utiliza el agua con mayor eficiencia, manteniendo a su vez, una mayor adaptabilidad en condiciones con presencia de déficit de humedad o sequía (Chaves Solera, 1999).

El tallo de la caña de azúcar no presenta ramificaciones, su sección transversal es aproximadamente circular, diferenciado en segmentos compuestos por un nudo y un entrenudo. Los nudos son normalmente espaciados, en intervalos de 15 a 25 cm, siendo más espaciados en la parte superior del tallo, donde se produce la elongación y, más próximos entre sí, en la base de la planta (Blackburn, 1984). Las hojas son compuestas por vaina y lámina foliar y se unen al tallo en la base de los nudos, de modo alternado de dos líneas opuestas al vástago (Blackburn, 1984). La principal función de la hoja es: la captación de energía solar y dióxido de carbono para la realización de la fotosíntesis y la traslocación de nutrientes, así como la respiración y la transpiración (Viveros & Calderón, 1995).

Los entrenudos contienen las estructuras celulares especializadas en la transferencia y el almacenamiento de la sacarosa. Cuando se induce la floración, el patrón de desarrollo de los meristemos apicales se modifica, transformándose en un gran raquis modificado con numerosas flores bisexuales. Las raíces se producen ya sea como raíces de las plántulas

después de la germinación de una semilla o como varias adventicias originarias desde el nudo de la caña. (Rae, Martinelli, & Dornelas, 2014).

La interferencia de los brotes en la productividad de diferentes variedades de caña de azúcar, se clasificaron en tres variedades sujetas a la emisión de brotes: ligeros, medianos e intensos, con forme a la relación entre masa de los brotes y producción de la caña de azúcar (Jackson, Bonnett, Hogarth, Chudleigh, & Madera, 2000). La productividad agrícola puede ser estimada por parámetros biométricos (Landell & Silva, 1995). Se consideran como componentes de la productividad de caña de azúcar el diámetro y la longitud de tallos, el número de tallos por área – asociada a la a la capacidad del perfilado y la densidad del tallo. Todos ellos son caracteres genéticos, pero sujetos a la influencia ambiental (Skinner, 1967).

D. Rangos de suficiencia de nitrógeno a nivel foliar

En el cuadro 11 se indican los rangos de suficiencia de macronutrientes y micronutrientes del cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 11. Rango de suficiencia de nitrógeno foliar en temporada 3-5 meses después de ser plantada.

Macronutrientes	Porcentaje (%)		Micronutrientes	Partes por millón (ppm)	
N	2.00	2.60	Fe	40.00	250.00
P	0.18	0.30	Mn	25.00	400.00
K	1.10	1.80	B	4.00	30.00
Ca	0.20	0.50	Cu	5.00	15.00
Mg	0.10	0.20	Zn	20.00	100.00
S	0.14	0.20	Mo	0.05	4.00

Fuente: Mills & Jones (1996)

El análisis de tejidos puede considerarse un método que evalúa el suministro del suelo de los elementos disponibles, usando la propia planta como un agente de extracción. En el caso de la caña de azúcar se analizan varios tejidos: hojas, entrenudos y tallo. Las hojas

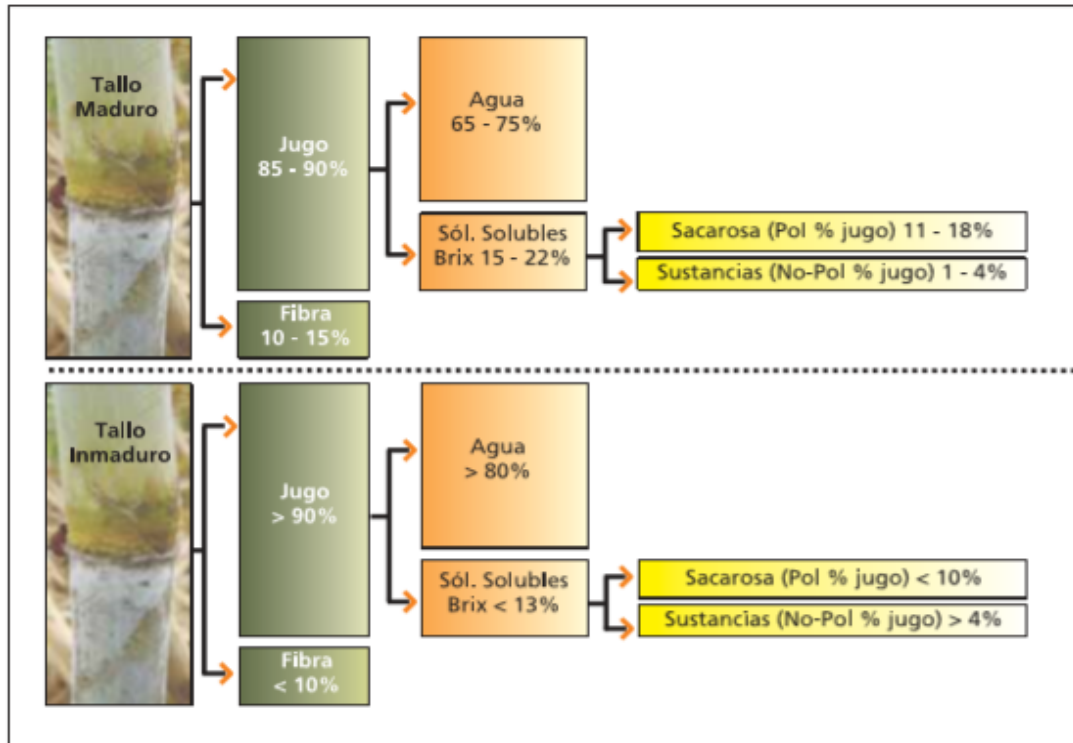
se recolectan de los campos de producción, y se selecciona la tercera hoja desde el ápice del tallo, habiendo colectado 15 hojas representativas para su análisis (Mills & Jones, 1996).

E. Condiciones climáticas de la caña de azúcar

La caña de azúcar se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas; pero se desarrolla mejor en regiones tropicales cálidas con amplia radiación solar. La temperatura óptima para el desarrollo de la caña se encuentra entre el indicador 25 °C y 28 °C. Las temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo de este cultivo son: para la germinación oscilan entre 28 °C y 35 °C, para el macollamiento 32 °C y para el crecimiento 27 °C. La precipitación anual adecuada para este cultivo es de 1,500 mm bien distribuida durante el período de crecimiento (nueve meses). La caña necesita la mayor disponibilidad de agua en la etapa de crecimiento y desarrollo, durante el período de maduración esta cantidad debe reducirse, para restringir el crecimiento y producir más sacarosa (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica (MAG), 1991).

F. Composición química de la caña de azúcar

En la figura 12 se identifica el promedio de la composición química en porcentaje de los tallos y los jugos de la caña de azúcar.



Fuente: Meade & Chen, 1977

Figura 12. Promedio de la composición química en porcentaje de los tallos y los jugos de la caña de azúcar.

La composición química de la caña de azúcar es la resultante de la integración e interacción de varios factores que intervienen en forma directa e indirecta sobre sus contenidos, variando los mismos entre lotes, localidades, regiones, condiciones del clima, variedades, edad de la caña, estado de madurez de la plantación, grado de despunte del tallo, manejo incorporado, periodos de tiempo evaluados, características físico-químicas y microbiológicas del suelo, grado de humedad (ambiente y suelo), fertilización aplicada, entre muchos otros (Meade & Chen, 1977).

Los tallos corresponden a la sección anatómica y estructural de la planta de caña de azúcar, que presenta mayor valor económico e interés para la fabricación de azúcar y la elaboración de Alcohol, motivo por el cual su composición química reviste especial significado. En términos globales la caña está constituida principalmente por jugo y fibra, siendo la fibra la parte insoluble en agua formada por celulosa, la que a su vez se compone de azúcares simples como la glucosa (dextrosa). A los sólidos solubles en agua

expresados como porcentaje y representados por la sacarosa, los azúcares reductores y otros componentes, comúnmente se les conoce como Brix (Chaves Solera, 2004).

La relación entre el contenido de sacarosa presente en el jugo y el Brix se denomina pureza del jugo. El contenido “Aparente” de sacarosa, expresado como un porcentaje en peso y determinado por polarimetría, se conoce como “Pol”. Los sólidos solubles diferentes de la sacarosa, que contempla los azúcares reductores como la glucosa y la fructuosa y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, se denominan usualmente “No Pol” o “No Sacarosa”, los cuales corresponden porcentualmente a la diferencia entre Brix y Pol (Chaves Solera, 2004).

En la figura 1 se observa que en la caña de azúcar el contenido de agua representa entre el 73 % y 76 %. Los sólidos solubles totales (Brix porcentaje en Caña) fluctúan entre 10 % y 16 %, y la fibra (porcentaje de Caña) varía entre 11 % y 16 %. Entre los azúcares más simples se encuentran la glucosa y la fructuosa (azúcares reductores), que existen en el jugo de caña con grado avanzado de madurez en una concentración entre 1 % y 5 % (Chaves Solera, 2004).

G. Fertilización nitrogenada de la caña de azúcar

El nitrógeno es uno de los constituyentes más importantes de la planta, forma parte de aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos (Subirós, 1988). Las plantas asimilan el nitrógeno en forma amoniacal (NH_4) o en forma nítrica (NO_3), para poder ser asimilada por las plantas la molécula de urea (H_2NCONH_2) se debe transformar por medio de hidrólisis, como resultado de la hidrólisis se obtiene amoníaco (NO_3) en gas y ácido carbámico; el ácido carbámico reacciona inmediatamente con el agua para producir bicarbonato de amonio (NH_4HCO_3), la reacción de la hidrólisis se lleva a cabo en presencia de la enzima ureasa, que está presente en todos los suelos y se activa cuando la urea entra en contacto con el mismo (Herrera, 2015).

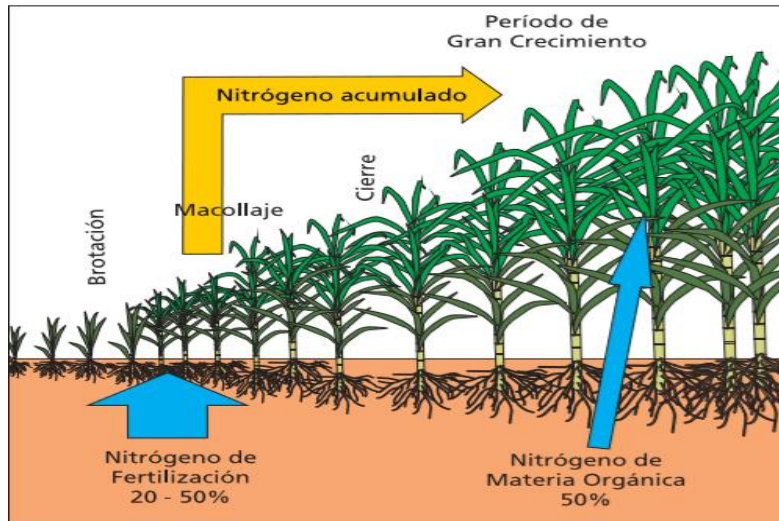
El nitrógeno es un elemento móvil dentro de la planta. Los principales efectos derivados de la aplicación del nitrógeno en el cañaveral, se evidencian en un mayor y más rápido macollaje (mayor población de tallos), como también en un mayor crecimiento vegetativo (más follaje y mayor altura y peso por tallo), lo que permite obtener un mayor rendimiento en caña y azúcar/ha. Los síntomas de deficiencia son los siguientes (Romero et al., 2009):

- Amarillamiento de las hojas, más pronunciado en las hojas viejas o de abajo.
- Cuando la insuficiencia progresa, puede presentarse desecación y necrosis a partir del ápice y bordes de la hoja.
- Cepas poco vigorosas.
- Menor número de brotes.
- Reducción del área foliar, del grosor y altura de los tallos, del macollaje y del diámetro de las raíces.
- Reducción drástica del rendimiento cultural.

Las plantas con exceso de nitrógeno, por sobredosis y/o aplicaciones tardías del fertilizante, tienen un alto contenido de agua y bajo contenido de sacarosa y fibra, lo que facilita el vuelco y el ataque de plagas y enfermedades (Romero et al., 2009).

H. Efecto de la época de aplicación del nitrógeno sobre la producción y la calidad de la materia prima de la caña de azúcar

En la figura 13 se observa la época de aplicación de la fertilización nitrogenada en el cultivo de caña de azúcar



Fuente: Romero et al., 2009

Figura 13. Época de aplicación de la fertilización nitrogenada en el cultivo de caña de azúcar.

El momento oportuno para la fertilización nitrogenada se relaciona con el ritmo de absorción que tiene la caña de azúcar, que es máximo en los primeros meses desde la brotación (fin de la emergencia y durante el pleno macollaje), período durante el cual el cultivo absorbe más nitrógeno del que utiliza para su desarrollo y crecimiento, almacenando el exceso como sustancias orgánicas en sus tejidos (especialmente en vainas y láminas foliares). Luego, ese nitrógeno es remobilizado hacia las zonas de activo crecimiento para atender, junto al nitrógeno aportado desde el suelo, los elevados requerimientos de la fase de gran crecimiento. Se considera que solamente entre el 20 % y 50 % como máximo del nitrógeno aplicado como fertilizante es efectivamente utilizado por la caña de azúcar para construir la producción (Romero et al., 2009).

En el cuadro 12 se puede observar el efecto de la aplicación de nitrógeno en base a la producción de caña de azúcar, azúcar como tal y el porcentaje de sacarosa de la misma.

Cuadro 12. Efecto de la aplicación del nitrógeno (140 kg/ha) sobre la producción y la calidad de la materia prima de la caña de azúcar.

Edad (semanas)	Caña (T/ha)	Azúcar (T/ha)	Sacarosa (%)
3	151	18.8	12.33
9	161	19.5	12.03
15	156	18	11.46
21	141	15.8	11.31

Fuente: Alexander, 1973.

El efecto de las dosis crecientes de nitrógeno, según el cuadro 12 se observó la reducción en el contenido de sacarosa debido al aumento de la humedad de la caña, pero el porcentaje de sacarosa en la materia no se alteró. Según varios autores reconocen que la fertilización nitrogenada puede disminuir el contenido de sacarosa de los tallos (Stupiello, 1987).

La época de aplicación del fertilizante nitrogenado ejerce marcada influencia sobre la calidad de la materia prima. Cuanto más se postergue la aplicación de fertilizante nitrogenado más tiempo será necesario para alcanzar el punto ideal de su madurez (Korndofer, 1994).

I. Inhibidor de ureasa

Sustancia que inhibe la acción catalítica de la enzima ureasa en la hidrólisis de urea. Cuando se aplica al suelo el inhibidor de ureasa da como resultado menor pérdida de nitrógeno ureico por volatilización de amoníaco (Association of American Plant Food Control Officials, USA (AAPFCO), 2005).

Los máximos beneficios de los inhibidores de ureasa se dan cuando: el rendimiento de los cultivos es alto, los niveles de nitrógeno del suelo son bajos, la incorporación de la urea es

difícil, las condiciones ambientales promueven una volatilización extensiva. NBPT, n-(n-butil) triamida tío fosfórica es el único inhibidor de la ureasa que ha dado el lugar de importancia en la agricultura (Navarro & Navarro, 2014).

El inhibidor de la enzima ureasa N-(n-butilo) thiophosphoric NBPT triamide puede reducir las pérdidas de nitrógeno a partir de retrasar la hidrólisis de la urea. El inhibidor ayuda a reducir la cantidad de (NH_3) derivado de la urea que entra a la atmósfera en forma de gas y puede así también, reducir la necesidad de fertilización para compensar posibles pérdidas de nitrógeno. El inhibidor ocupa el sitio activo de la enzima ureasa, la inactivación de la enzima retrasa la aparición y disminuye la tasa de volatilización de (NH_3). La incorporación de NBPT retrasa la hidrólisis, por lo tanto reduce la concentración de (NH_3) presente cerca de la superficie del suelo, lo cual reduce el potencial de volatilización y mejora la oportunidad de precipitaciones para incorporar la urea dentro del suelo. El inhibidor puede servir como una alternativa de mejora para el ambiente, logrando aumentar la tasa de fertilizante de urea facilitando su uso y economía (Engel, Jones, & Wallander, 2011).

La volatilización puede ocurrir a cualquier hora. La ureasa está disponible y es activa a temperaturas que van desde 11 °C a 40 °C. Los inhibidores de la ureasa impiden la conversión de urea a amoníaco por un período de una a dos semanas dando tiempo para que llueva y se transporte la urea al interior del suelo (Herrera, 2015).

Los inhibidores de ureasa retrasan la velocidad de conversión de la urea en amonio. Si la tasa de conversión es lenta, se reduce la volatilización del amoníaco. Los fertilizantes con inhibidores de la nitrificación o de ureasa se refieren como fertilizantes estabilizados. En contraste con los fertilizantes de liberación controlada, estos “aditivos” de los fertilizantes se utilizan casi exclusivamente en cultivos agrícolas tradicionales (Melgar R. , 2005).

J. Nitro-xtend

Es una urea impregnada con un inhibidor de ureasa, que tiene como ingrediente activo el compuesto N-(n-butil) tiofosforicotriamida (NBPT). Esta molécula, con la humedad del

suelo, se oxida para formar NBPO N-(n-butil) (triamidafosfóricabutil) triamidafosfórica, este es el inhibidor real de la ureasa, es más polar que el NBTP y su comportamiento físico es muy parecido al de la urea. Probablemente por esto tiene una alta afinidad por los sitios activos de la ureasa. La oxidación del NBTP a NBPO sucede en presencia de humedad. La molécula del primero es más estable que la del segundo, permitiendo que el producto tenga una vida de almacenamiento larga. Al momento de aplicar el producto al suelo con la humedad del mismo principia la oxidación y la acción inhibidora a la ureasa (Herrera, 2015).

La sustancia denominada N- (n-butil) triamida tiofosfórica (n-BTPT) es el único inhibidor de ureasa disponible comercialmente, bajo la marca de Agrotain®; es un solvente verde claro que contiene entre 20 % y 25 % de n-BTPT, y puede usarse para: Impregnar los gránulos de urea, agregarse al licor de urea durante su manufactura, o agregarse a las soluciones de UAN antes de la aplicación en el campo. Las dosis recomendadas varían entre 0,11 % y 0.14 % /V/V) (Melgar R. , 2005).

Los máximos beneficios de los inhibidores de ureasa se dan cuándo: 1) El potencial de rendimiento de los cultivos es alto; 2) Los niveles de nitrógeno del suelo son bajos; 3) La incorporación de la urea es difícil y 4) Condiciones ambientales de suelo promuevan una extensiva volatilización. El incremento de precio de tales productos, normalmente entre un 10 % y un 15 %, se compensa por ventajas adicionales y se comparan con el costo de las alternativas. Este incremento de precio resulta mucho menos costoso para la mayoría de los cultivos agrícolas que los fertilizantes de mayor eficiencia (Melgar R. , 2005).

K. Aplicación de urea en la caña de azúcar

En el cultivo de la caña de azúcar el fertilizante más utilizado es la urea (46 % de Nitrógeno). En condiciones hídricas adecuadas, estará disponible para la caña a partir de los 5-10 días de la aplicación, alcanzando su máxima disponibilidad a partir de los 15 días.

La urea incorporada estará almacenada en el suelo en espera de las primeras lluvias para disolverse, transformarse y estar a disposición de las raíces en el momento adecuado.

En el cuadro 13 se observan las pérdidas ocasionadas por volatilización según las condiciones de aplicación de la urea.

Cuadro 13. Efecto de las condiciones de aplicación de la urea y las pérdidas ocasionadas por la volatilización.

Condiciones de la aplicación (dosis: 180 kg de urea/ha)		Pérdidas (kg de urea/ha)
Suelo húmedo	Incorporado	3.6 kg en 10 días
	En superficie	Viento suave → 18 kg en 10 días Viento fuerte → 36 kg en 10 días
Suelo seco	Incorporado	4.4 kg en 10 días

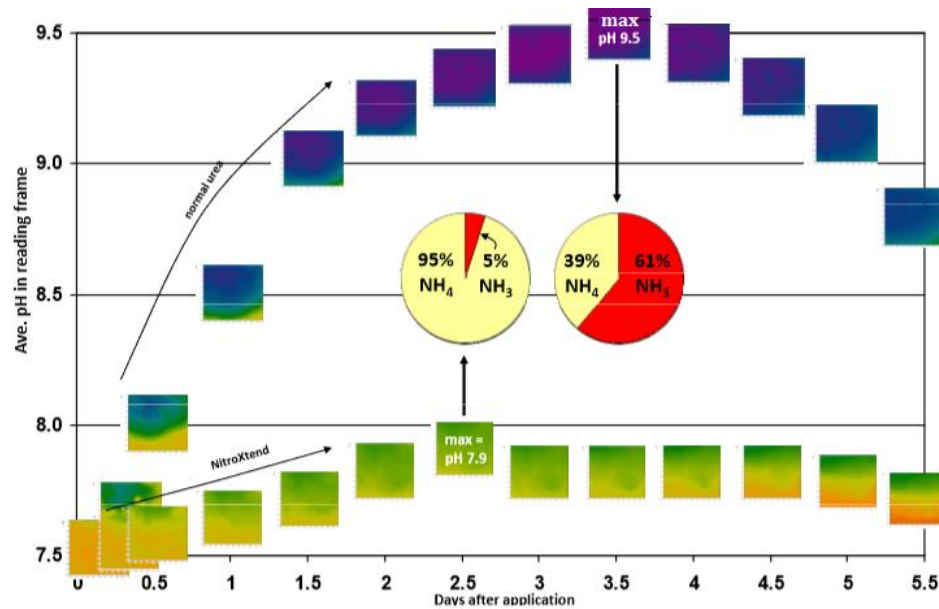
Fuente: Romero et al. (2009)

La fuente nitrogenada más utilizada es la urea, su aplicación en caña de azúcar puede realizarse en forma manual sobre el surco o en forma mecánica. Es conveniente resaltar la necesidad de que durante la labor de fertilización se realice un efectivo tapado del fertilizante ó se incorpore en riego para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización. En el cuadro 2, se observa que es importante que los productores cañeros tengan que evitar realizar la fertilización al voleo, esparciendo la urea sobre la cepa, en especial cuando el suelo está húmedo (después de una lluvia o riego), ya que en esas condiciones las pérdidas de nitrógeno por volatilización son máximas. Si no es posible incorporar el fertilizante, conviene aplicarlo manualmente a un lado de la cepa sobre el suelo seco y debajo del follaje (Romero et al., 2009).

La temperatura es un regulador de cualquier actividad biológica. Por tanto, la actividad microbiana productor del enzima ureasa depende directamente de este parámetro. La incidencia de este factor puede ser considerable en cultivos de verano, cuando las temperaturas superan los 18 °C y 20 °C (Navarro & Navarro, 2014).

L. Efecto del pH del suelo en la fertilización nitrogenada con urea y el inhibidor de ureasa.

En la figura 14 se logra identificar las tendencias del efecto del pH de dos fuentes de nitrógeno.



Fuente: López, 2011

Figura 14. Tendencia de las curvas de fertilización con dos fuentes nitrógeno transformación del nitrógeno efecto del pH de la reacción.

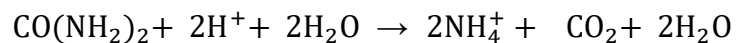
El comportamiento de la aplicación de dos fertilizaciones nitrogenadas uno con urea normal y urea con inhibidor de ureasa según la figura 3, se observa la transformación del nitrógeno en la curva por efecto del pH de la reacción. Se hace evidente las pérdidas de NH_3 hasta del 40 % del nitrógeno aplicado de la urea en comparación con la aplicación del inhibidor de la ureasa.

Al momento de aplicar el producto con el inhibidor de ureasa al suelo la molécula de NBPT del que está compuesto y es más estable que la de NBPO permitiendo que el producto tenga una vida de almacenamiento larga, con la humedad del mismo principia la oxidación y la acción inhibidora a la ureasa. El NBPO bloquea los sitios receptores en la ureasa,

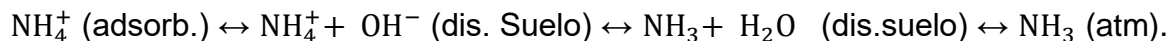
uniéndose a los iones Ni en la enzima. Conforme el NBPO se descompone, permite lentamente que el sitio esté disponible para la urea llevándose a cabo la hidrólisis de la misma. Asimismo las moléculas de urea y NPBO son afines dada la polaridad de las mismas. Esto evitará la hidrólisis inmediata de urea y la subsecuente pérdida de nitrógeno (Herrera, 2015).

Los suelos que tengan con $\text{pH} > 6.3$, al momento de suministrar la urea al suelo, esta sufre proceso de hidrólisis, generando como productos de reacción NH_4 y anión bicarbonato (HCO_3^-): $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^-$.

Si, el $\text{pH} > 6.2$, la hidrólisis de la urea es la siguiente:



La hidrólisis es un fenómeno rápido, que finaliza en dos o tres días en los suelos ricos en materia orgánica, y en 7-8 días en los suelos pobres, es decir, en cuatro días por término medio. El NH_4 así liberado es absorbido por la fracción coloidal del suelo posteriormente nitrificado. Se comporta, por tanto, en su etapa final, como un fertilizante ácido. El amonio liberado en la hidrólisis de la urea queda en equilibrio con el amoniaco de la atmósfera:



El proceso de la volatilización de NH_3 se encuentra afectado por diversos factores de suelo. Entre los principales podemos considerar la actividad ureásica, la temperatura, el contenido en agua, el pH, la capacidad de cambio catiónico y el intercambio gaseoso.

Esto significa que una buena porción del nitrógeno se encuentra en forma de hidróxido de amonio el cual está en equilibrio con el amoníaco en forma gaseosa. Si la hidrólisis se lleva a cabo sobre la superficie del suelo, la volatilización del NH_3 puede ocasionar pérdidas de hasta el 40 % del nitrógeno aplicado (Keusch, 2011).

Las pérdidas de amoniaco según el pH del suelo y el clima se describen en el cuadro 14.

Cuadro 14. Pérdidas medias de amonio en la urea debidas a clima y pH del suelo en el cultivo de caña de azúcar.

pH suelo	Pérdidas de amoniaco gaseoso (en porcentaje de nitrógeno aplicado (%))	
	Zona templada	Zona tropical
< 5.5	12	18
5.5 -7.3	14	29
7.3 - 8.5	19	52
> 8,5	35	52

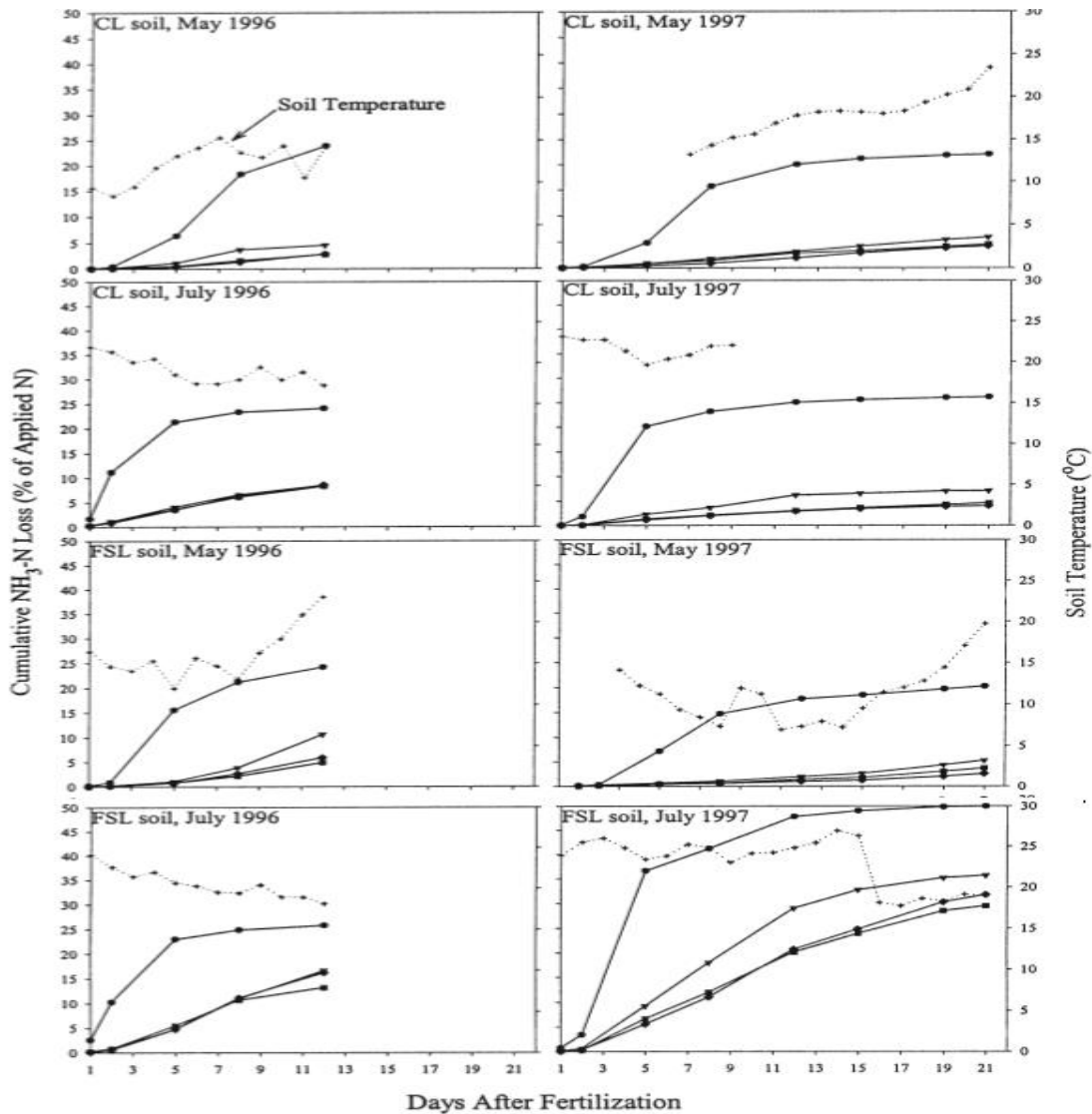
Fuente: Adaptada de López, 2011

El cuadro 14 muestra los rangos de las pérdidas de amoniaco en la zona templada entre 12 % a 35 % y en la zona tropical entre 18 % a 52 %. La volatilización de amoniaco aumenta con el aumento del pH del suelo, el aumento de la temperatura del suelo y el descenso de la humedad del suelo (López, 2011).

M. Antecedentes de investigación de urea con inhibidor de ureasa

a. La volatilización de amoniaco de los suelos fertilizados con urea y las tasas variables de inhibidor de la ureasa.

En el estudio la volatilización de amoniaco se evaluó la aplicación del inhibidor de ureasa N- (n-butil) tiofosfórico triamida (NBPT) en diferentes concentraciones, el cual puede reducir las pérdida de NH_3 , obteniendo las curvas de pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH_3) (figura 15).



Fuente: Rawluk, Grant & Racz, 2001

Figura 15. Curvas de pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH₃) en porcentaje de urea con inhibidor de ureasa en diferentes concentraciones (0.0 —●—, 0.05 —▼—, 0.10 —■—, and 0.15 —◆— peso/peso).

La pérdida de nitrógeno como amoníaco (NH₃) del fertilizante de urea aplicado en la superficie puede ser alta si la hidrólisis tiene lugar en la superficie del suelo. El inhibidor de ureasa N- (n-butil) tiofosfórico triamida (NBPT) puede reducir la pérdida de NH₃ de la urea al retrasar la hidrólisis. Se llevaron a cabo estudios de campo utilizando cámaras de superficie en 1996 y 1997 para comparar la cantidad de NH₃ volatilizado de las

aplicaciones en la superficie de urea granular (100 kg/ha de N) tratado con concentraciones variables de NBPT (0 %, 0.05 %, 0.10 % y 0.15 % NBPT peso / peso). Los estudios se realizaron en dos suelos órticos Negro chernozemic, un suelo franco arenoso fino Stockton y un suelo franco arcilloso Newdale, en mayo y de nuevo en julio para determinar la influencia relativa de la textura del suelo y la temperatura en el rendimiento Agrotain (NBPT) a los tipos variables.

Las pérdidas de amoníaco se midieron en varios momentos a 12 días después de la fertilización en 1996 y a 21 días después de la fertilización en 1997. Del total de pérdidas de NH_3 disminuyeron en el orden de 0 % > 0,05 % > 0,15 % > 0,10 % donde el uso de NBPT reduce total de NH_3 pérdida en un 28 y 88 % durante todo el establecimiento del estudio, y en un 82 % a 96 % durante los períodos de pérdida máxima de urea no modificada.

Las pérdidas por volatilización de amoníaco de los tratamientos de urea modificados con NBPT fueron menores en mayo que en julio. La pérdida total medida a todas las tasas de NBPT fue mayor para el suelo franco arenoso fino, excepto en mayo de 1997, donde las condiciones frías dieron lugar a pérdidas ligeramente menores que para el suelo franco arcilloso. Modificar la urea con NBPT a una tasa tan baja como 0,05 % peso/peso puede reducir la pérdida de NH_3 del fertilizante de urea aplicado en la superficie, de modo que una mayor proporción de fertilizante nitrogenado se retenga en el suelo para uso de la planta. El inhibidor ayuda a reducir la cantidad de NH_3 derivado de la urea que ingresa a la atmósfera para reaccionar o depositarse en otra parte, y puede disminuir la necesidad de sobre fertilizar para compensar el posible NH_3 perdidas (Rawluk, Grant, & Racz, 2001).

b. Pérdidas acumuladas de nitrógeno en forma de amoníaco de urea sola, con agua o en mezclas con vinaza y otras fuentes de nitrógeno aplicadas en forma superficial, estación experimental Mangalitos, Ingenio Pantaleón

En esta investigación se obtuvieron curvas de 8 muestreos realizados para determinar la volatilización de 5 tratamientos evaluados para determinar las pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH_3) (figura 16).

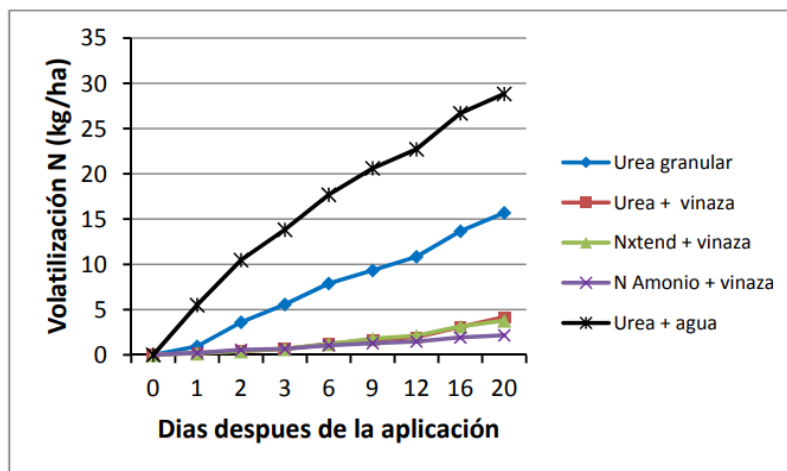


Figura 16. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH_3) de urea sola, con agua o en mezclas con vinaza y otras fuentes de nitrógeno aplicadas en forma superficial.

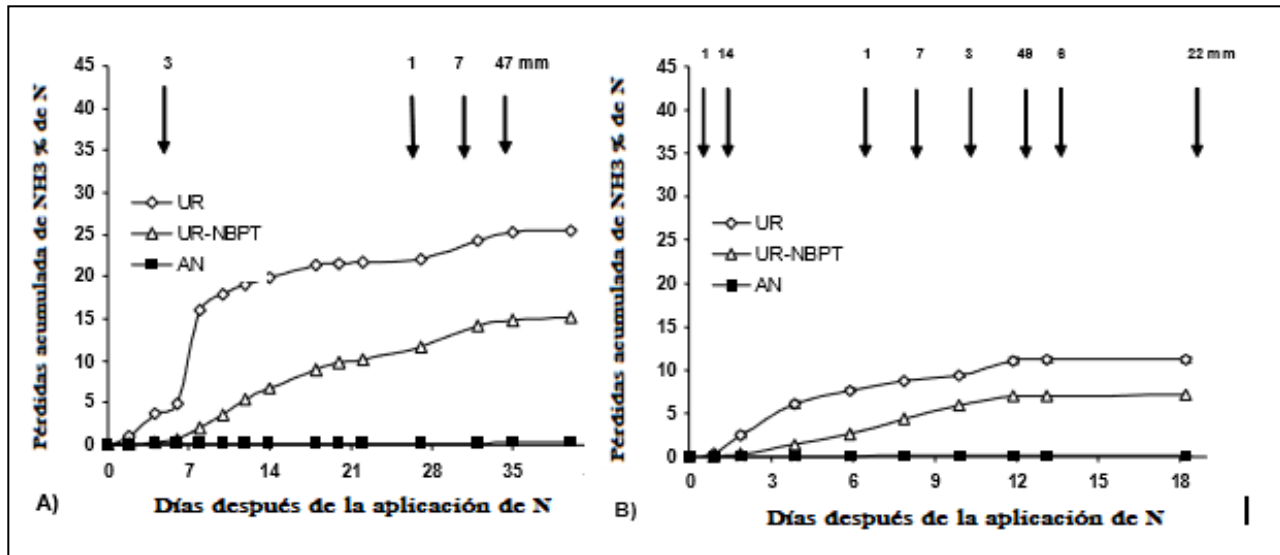
Se evaluó como fuente nitrogenada la urea granulada y en mezcla con vinaza concentrada, con el objetivo de medir la volatilización de nitrógeno como amoníaco (NH_3), derivado de las aplicaciones superficiales de urea y de urea en mezclas con vinaza concentrada (VC) y mezclas con otras fuentes se estableció un experimento en la Estación Experimental Mangalitos del Ingenio Pantaleón, con los siguientes tratamientos: urea granulada, urea diluida en agua, urea en mezcla con vinaza, urea con inhibidor de ureasa (Nitro-xtend) en mezcla con vinaza y nitrato de amonio en mezcla con vinaza. Para la medición del NH_3 volatilizado se utilizaron cámaras semiabiertas estáticas. La cámara consiste en cilindros de PVC de 15.6 cm de diámetro y 40 cm de altura, conteniendo dos esponjas de poliuretano impregnadas con una solución de ácido fosfórico y glicerol para atrapar el NH_3 liberado del suelo.

El tratamiento que tuvo las mayores pérdidas de nitrógeno por volatilización durante todos las mediciones fue cuando la urea se aplicó con agua en un volumen de 2 m³/ha, incluso en las primeras 24 horas este tratamiento ya había tenido una pérdida de 5.7 kg/ha de N y al final de los 20 días la pérdida en este tratamiento fue de 28.8 kg/ha de N, siendo muy superior en forma significativa al resto de tratamientos evaluado. El segundo tratamiento con mayores pérdidas fue cuando la urea se aplicó en forma granulada que al final del período presentó una pérdida de 15.7 kg/ha de N, este tratamiento inicio las pérdidas en forma lineal a partir de las 24 horas de su aplicación.

La mezcla de urea con vinaza concentrada redujo significativamente las pérdidas de nitrógeno por volatilización hasta un valor de solamente 4.2 kg/ha de N. El tratamiento de urea con inhibidor de ureasa (Nitro-xtend) en mezcla con VC tuvo un comportamiento muy similar al de urea en mezcla con VC durante todo el período de evaluación sin diferencias significativas entre ellos y el nitrato de amonio en mezcla con VC fue el tratamiento con las menores pérdidas como era esperado.

c. Estudio de volatilización de amoniaco a partir de la urea con inhibidor de ureasa aplicada al cultivo de la caña de azúcar en Brasil.

En la figura 17 se observan pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH₃) de urea así como urea con inhibidor de ureasa reportados en Brasil.



Fuente: Cantarella et al., 2008.

Figura 17. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de gas (NH₃) de urea, urea con inhibidor de ureasa reportados en Brasil.

Grandes cantidades de amoníaco pueden ser pérdidas de la urea cuando se aplica en la superficie del suelo en el cultivo de caña, por ello es importante buscar alternativas para maximizar la eficiencia de uso del nitrógeno en la urea. El inhibidor de la ureasa NBPT retarda la hidrólisis de la urea y puede contribuir a disminuir las pérdidas de amonio por volatilización.

Para cuantificar esas pérdidas se instalaron cámaras colectoras de amoníaco en siete áreas de producción de caña de azúcar cosechada sin quema; estas fueron fertilizadas con sulfato ó nitrato de amonio, urea ó urea tratada con inhibidor de ureasa. Todos los fertilizantes nitrogenados fueron aplicados superficialmente a dosis 80 a 10 kg/ha de N.

Las pérdidas fueron muy pequeñas cuando se usó nitrato ó sulfato de amonio. Sin embargo, las pérdidas por volatilización de amoníaco derivadas del uso de urea variaron de 1 % con días lluviosos después de la fertilización al 25 % de nitrógeno aplicado. El uso del inhibidor de la ureasa proporcionó reducciones de 15 % a 78 % en las pérdidas por volatilización, dependiendo de las condiciones climáticas en los días posteriores a la

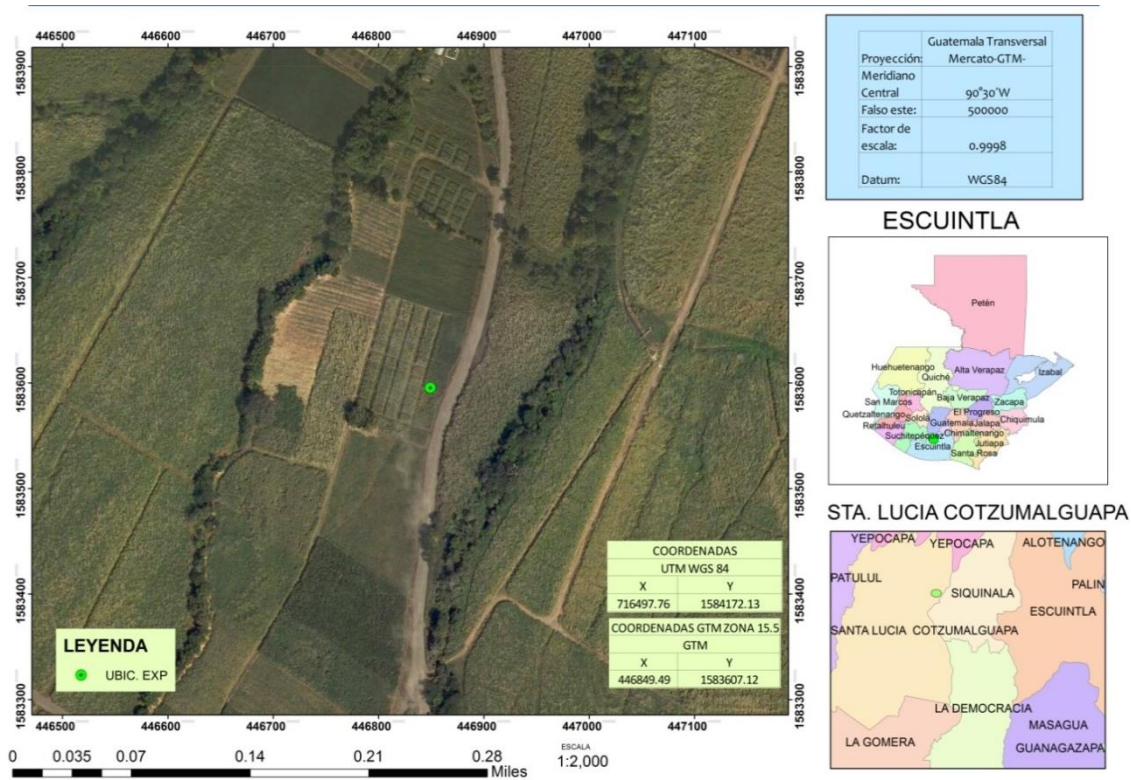
aplicación de nitrógeno. La adición del inhibidor de la ureasa en la urea, ayudó a controlar las pérdidas de amoníaco, pero el inhibidor fue menos efectivo a los 10 a 15 días después de la fertilización cuando empezaron las lluvias (Cantarella et al., 2008).

2.2.2 Marco Referencial

A. Ubicación geográfica de la zona cañera de la costa sur de Guatemala

La zona cañera de la costa sur de Guatemala se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 91°50'00" - 90°10'00" longitud oeste y 14°33'00" - 13°50'00" latitud norte. Geopolíticamente está localizada en los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y actualmente se está expandiendo hacia el departamento de Jutiapa (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinoza, 2014).

El experimento se realizó en la finca El Triunfo de Ingenio Pantaleón, kilómetro 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla (figura 18).



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, 1996

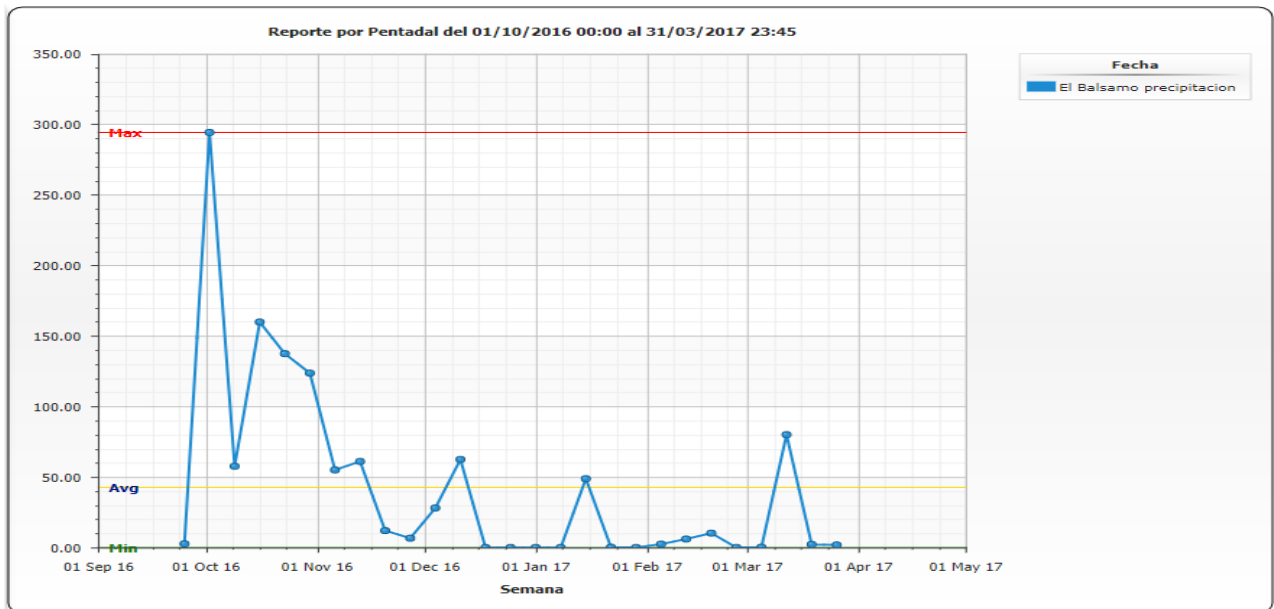
Figura 18. Ubicación experimental finca el Triunfo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

B. Extensión territorial

El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa se encuentra ubicado al sur del departamento, con una altitud desde los 115.82 m s.n.m. hasta los 844.28, tiene una extensión territorial de 432 km² y encuentra a una distancia de 32 km de la cabecera departamental y a 90 km de la ciudad capital. Sus coordenadas geográficas son latitud norte 14°19'54" y longitud oeste 91°01'30". Sus límites y colindancias son: al sur con los municipios de: La Gomera y Nueva Concepción, al este con el municipio de Siquinalá, al oeste con los municipios de la Nueva Concepción del departamento de Escuintla y Patulul del departamento de Suchitepéquez y al norte con el municipio de San Pedro Yepocapa, del departamento de Chimaltenango (Santa Lucía Cotzumalguapa, 2017).

C. Clima

El la figura 19 se observa el reporte de precipitación pluvial de la estación meteorológica El Bálsamo.



Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático, 2017.

Figura 19. Gráfica del reporte precipitación pluvial de la estación meteorológica El Bálsamo en un período de seis meses.

Según el Instituto de Cambio Climático (ICC) el clima que predomina en Santa Lucía Cotzumalguapa en relación con el experimento es el de bosque muy húmedo subtropical, los registros climáticos promedios anuales con un historial de 10 años (2006) fueron: temperatura mínima de 15 °C, temperatura máxima de 36 °C y temperatura promedio de 25 °C; precipitación pluvial 3,451 mm, humedad relativa mínima del 23.91 % y máxima de 100 %, con una velocidad del viento mínima de 0.38 km/h y máxima de 72.15 km/h; y una radiación promedio de 1,850.6 w/m² (Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático, Guatemala (ICC), 2017).

D. Clasificación climática

Según el sistema Thornthwaite divide a Santa Lucía Cotzumalguapa en: Bosque muy húmedo subtropical, cálido (bmh-S(c)) con un relieve plano accidentado, su clima es variable por la afluencia de los vientos. Los cultivos principales son: caña de azúcar, banano, café, hule, cacao, cítricos, maíz, frijol, arroz, citronela (Instituto Geográfico Nacional, Guatemala (IGN), 1996).

E. Taxonomía de suelos

Según IGN-SEGEPLAN los suelos de Santa Lucía Cotzumalguapa pertenecen al suborden udands (Ds), orden andisoles, características diagnósticas son propiedades ándicas, humedad del suelo es adecuada, características físicas del suelo son buenas, posee materiales minerales, la saturación de bases se encuentra regular a alta, contenido de materia orgánica se encuentra regular a alto, limitaciones del suelo- retención de fosfatos- eredabilidad (Instituto Geográfico Nacional, Guatemala (IGN), 1996).

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Evaluar del efecto de cuatro fuentes nitrogenadas sobre el rendimiento del cultivo de caña de azúcar (*saccharum officinarum*), variedad cp73-1547, finca El Triunfo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el tratamiento que presente mejor rendimiento en el cultivo de caña de azúcar en T/ha.
2. Determinar el efecto de las variables biométricas tales como altura de tallos, diámetro de tallos, número de tallos/m lineal y grados Brix, en el cultivo de caña de azúcar.
3. Determinar la rentabilidad de los tratamientos evaluados, mediante un análisis económico.

2.4 HIPÓTESIS

1. Al menos un tratamiento con nitrógeno mejorará el efecto de las variables biométricas tales como altura de tallos, diámetro de tallos, número de tallos por metro lineal y grados Brix, con respecto al testigo absoluto.
2. Al menos un tratamiento con nitrógeno mejorará el rendimiento de caña de azúcar en T/ha con respecto al testigo absoluto.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Diseño experimental

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales.

2.5.2 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos que se aplicaron en el experimento se describen en el cuadro 15.

Cuadro 15. Descripción de cinco tratamientos en el orden de aplicación en la parcela experimental.

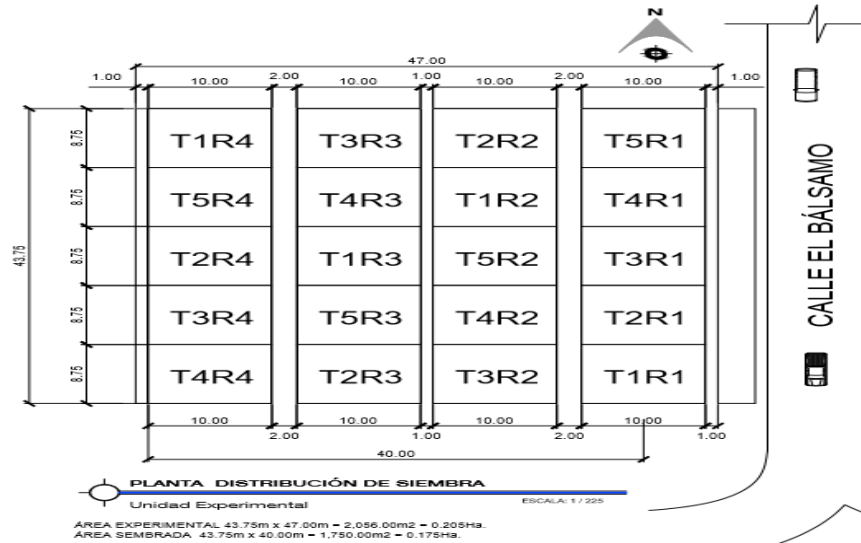
Tratamientos	Producto	Dosis de nitrógeno (kg/ha)
T1	urea perlada solución acuosa	100
T2	Nitro-xtend solución acuosa	100
T3	Nitro-xtend solución acuosa	85
T4	urea perlada granular	100
T5	Testigo absoluto	0

Fuente: Investigación documental, 2016

En el cuadro 15 se observa los cinco tratamientos evaluados, indicando la dosis de nitrógeno aplicado en kg/ha.

2.5.3 Descripción y croquis del área experimental

En la figura 20 se observa el croquis de la distribución de los tratamientos en el área experimental ubicada en la finca El Triunfo, del Ingenio Pantaleón.



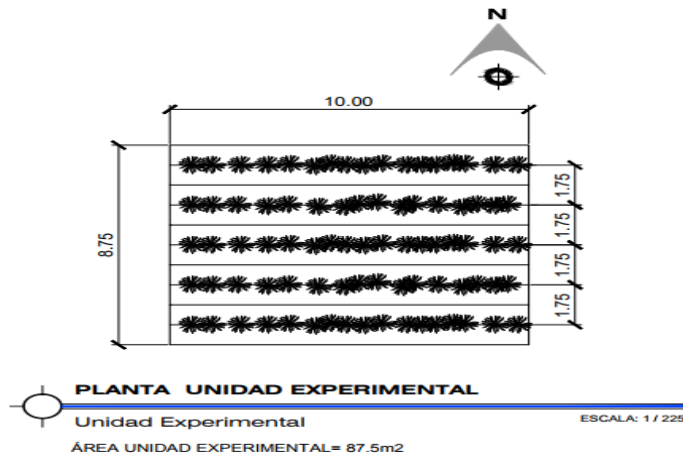
Fuente: elaboración propia

Figura 20. Croquis de la distribución de los tratamientos en el área experimental, finca El Triunfo, Pantaleón.

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, cuenta con veinte unidades experimentales. El área total es de 1750 m², con un ancho de 40 m y 43,75 m de longitud.

2.5.4 Descripción y croquis de la unidad experimental

En la figura 21 se identifica la unidad experimental.



Fuente: elaboración propia

Figura 21. Croquis representativo de la unidad experimental, ubicada en la finca El Triunfo, Pantaleón.

La unidad experimental tiene cinco surcos con un distanciamiento entre ellos de 1.75 m. El área es de 87.5 m², con un ancho de 8.75 m y 10 m de longitud. La aplicación se realizó el 17 de octubre del 2016, cada tratamiento se aplicó en el orden correspondiente, dejando como referencia un testigo absoluto sin aplicación de nitrógeno.

2.5.5 Muestreo y análisis de suelo

El resultado del muestreo realizado se describe en el cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de suelos de la parcela experimental de El Triunfo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Parámetro	Resultado	Unidades
pH	6.35	
Conductividad eléctrica	78.3	μS/cm a 20 °C
Nitrógeno total	3.804	mg/kg
Calcio disponible	4.87	meq/100g
Magnesio disponible	0.96	meq/100g
Potasio disponible	0.46	meq/100g
Sodio disponible	0.06	meq/100g
Materia orgánica	7.11	%

Fuente: Investigación documental, 2016

Se realizó un muestreo de suelo de 0 a 20 cm de profundidad, recolectada del área experimental total antes de la fertilización nitrógeno. La muestra de suelo fue analizada en el laboratorio A.G.Q., con el objetivo evaluar los elementos disponibles. Dónde se obtuvieron los siguientes datos, la fertilidad física según la granulometría es franco-arenosa compuesta de arcilla en 10 %, limo 19 % y arena 71 %. Las características del suelo franco-arenoso, rico en materia orgánica con un pH de 6.35, en el cual se encuentran disponibles las mayorías de elementos.

2.5.6 Delimitación de las unidades experimentales

La unidad experimental se delimitó con 10 m de longitud y 8.75 m de ancho. Cada repetición estuvo separada por calles, la primera cara calle fue de 2 m y atrás calles de 1m. Cada unidad experimental se identificaba con su rótulo correspondiente (figura 21).

2.5.7 Variables de respuesta evaluadas en el cultivo de caña de azúcar (*S. officinarum* L.):

A. Contenido de nitrógeno foliar:

La aplicación de los tratamientos se realizó tres meses después de la siembra. La toma de datos se realizó a los 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación del fertilizante nitrogenado. Se muestreo la tercera hoja (desde la parte alta). En total se muestrearon 15 hojas representativas por análisis de tratamiento.

B. Variables biométricas:**a. Altura del tallo:**

La recolección de datos se realizó 180 días después de la aplicación de los tratamientos (productos nitrogenados). Se muestrearon 10 tallos al azar por unidad experimental. La altura del tallo se obtuvo mediante una cinta métrica.

b. Diámetro del tallo:

Esta variable de respuesta se midió 180 días posterior a la aplicación de los tratamientos (productos nitrogenados), haciendo uso de un vernier, habiendo muestreado 10 tallos seleccionados al azar, por unidad experimental.

c. Densidad de tallos por metro lineal:

Se obtuvo 180 días después de establecer los tratamientos (aplicación de fertilizantes nitrogenados), y habiendo seleccionado 10 m lineales de las parcelas, para obtener el número de tallos por unidad experimental.

d. Grados brix

Utilizando un refractómetro, se realizó la extracción del jugo de 5 muestras (recién cosechadas: 7 meses después de su siembra) de caña de azúcar (*S. officinarum* L.) por unidad experimental.

C. Rendimiento de caña de azúcar (*S. officinarum* L.)

Realizada la cosecha (7 meses después de su siembra) de caña de azúcar, se procedió a calcular la producción obtenida en kg por m² y posteriormente extrapolándolos a T/ha de caña para cada tratamiento evaluado y unidad experimental.

D. Rentabilidad de los tratamientos evaluados

Se realizó un análisis económico, utilizando el diferencial de los costos de producción de cada tratamiento y las utilidades producto del rendimiento de cada uno.

2.5.8 Manejo del experimento

A. Siembra

La parcela se estableció por el personal de finca el 29 de julio del 2016. La siembra se realizó manualmente, el distanciamiento de 10 m para distribuir un paquete de 30 esquejes con una longitud 0.60 m y con 3-4 yemas por esqueje, y con una distancia entre surco 1.75 m.

B. Aplicación de los tratamientos nitrogenados

A los tres meses de siembra, se realizó la aplicación de los tratamientos por medio de bombas de mochila y un tratamiento nitrógeno se realizó aplicándolo manualmente de forma granular.

C. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual a los siete meses después de siembra, debido a que la caña se utilizaría como semilla para caña comercial. Se pesaron los esquejes en paquetes de caña por cada unidad experimental, se obtuvieron los 20 datos en kg por unidad experimental, para luego extrapolarlos a T/ha por tratamiento.

2.5.9 Análisis de la información

A. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para las variables altura de tallos, diámetro de tallos, tallos por metro lineal, grados Brix y T/ha de caña. Cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se utilizó una prueba de medias usando el comparador de Tukey al 5 % de significancia, utilizando el software INFOSTAT.

Modelo estadístico diseño completamente al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

Y_{ij} = variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.

μ = media general de la variable de respuesta

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = error asociado a la ij-ésima unidad experimental

B. Análisis económico

Se realizó un análisis económico de los tratamientos evaluados, en base a los rendimientos de T/ha de caña producidas. La utilidad que resulta de los ingresos menos los costos de producción, proveen la rentabilidad de los tratamientos, y con esta información se pretende dar una recomendación que económicamente sea factible para los productores de caña de azúcar.

2.6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

2.6.1 Rendimiento de caña de azúcar en T/ha.

En el cuadro 17 se muestra el resultado del análisis de varianza del rendimiento de caña de azúcar en T/ha a los siete meses después de la siembra.

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable de T/ha de caña.

FV	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	17903.17	4	4475.79	29.08	<0.0001**
Tratamientos	17903.17	4	4475.79	29.08	<0.0001**
Error	30015.73	195	153.93		
Total	47918.90	199			

CV= 10.48 %

**= diferencia estadística altamente significativa

El resultado del análisis de varianza (cuadro 17) indica que se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa para los cinco tratamientos evaluados; la caña de azúcar presentó una respuesta positiva en el rendimiento de T/ha, razón por la cual se procedió a realizar una prueba de separación de medias de Tukey para los tratamientos evaluados, la cual se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18. Prueba de separación de medias para la variable rendimiento de caña de azúcar en T/ha.

Tratamiento	Medias	E.E.	Tukey 0.05			
T2 nitro xtend 100 kg N/ha solución acuosa	129.17	1.96	A			
T1 urea 100 kg N/ha solución acuosa	125.32	1.96	A	B		
T3 nitro xtend 85 kg N/ha solución acuosa	118.35	1.96		B	C	
T4 urea 100 kg N/ha aplicación granular	117.26	1.96			C	
T5 testigo absoluto	101.59	1.96				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al analizar los resultados de las medias del cuadro 18, utilizando la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5 %. Se evidencia que hay un incremento promedio de los tratamientos con fertilización nitrogenada del 20.6 % de T/ha de caña con respecto al testigo absoluto. Lo cual indica que la fertilización nitrogenada es un componente nutricional que influencia directamente al rendimiento de caña en T/ha en los suelos evaluados.

El mejor tratamiento en cuanto al rendimiento lo presento el tratamiento dos (Nitro-xtend 100 kg/ha de N en solución acuosa), con 129.17 T/ha de caña; resultado que estuvo influenciado debido a que contiene un inhibidor de ureasa (Herrera, 2015 & Melgar R, 2015) el cual reduce las pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco (NH_3) (Association of American Plant Food Control Officials, USA (AAPFCO), 2005). Resultados similares fueron reportados por Rawluk, Grant & Racz, (2001), quienes indican que el inhibidor de la ureasa reduce la pérdida de NH_3 de la urea al retrasar la hidrólisis, encontrando reducción de pérdidas de 28 y 88 % estos valores son similares a los obtenidos por Cantarella et al. (2008) que reportan reducciones de 15 % a 78 % en las pérdidas por volatilización, además estos refuerzan que el inhibidor es menos efectivo en época lluviosa debido a que se ve influenciado principalmente por la humedad.

Seguido por el tratamiento uno (Urea 100 kg/ha de N en solución acuosa), el cual presento una media de 125.32 TCH, habiendo una diferencia de 3 % entre ambos, en tercer lugar el tratamiento tres (Nitro xtend 85 kg N/ha solución acuosa) con una media de 118.35 TCH, y por último el tratamiento cuatro (Urea 100 kg/ha de N granular) el cual presento una media de 117.26 TCH, siendo inferior por 10.15 % al mejor tratamiento, lo cual indicó que la urea por medio granular se encuentra expuesto a mayores pérdidas de nitrógeno por volatilización en comparación con Nitro xtend (Romero et al., 2009).

La aplicación de urea en época húmeda reduce la perdida de nitrógeno por volatilización, debido a que este producto se ve influenciado con la temperatura y la humedad (Rawluk, Grant & Racz, 2001) y como esta evaluación se realizó en esta época, se observó el 3 %

de diferencia por lo que para estas condiciones se puede utilizar como alternativa el tratamiento uno (urea 100 kg N/ha solución acuosa).

2.6.2 Variables biométricas

A. Altura de tallos

En el cuadro 19 se muestra el resultado del análisis de varianza de la altura media de 10 tallos de caña de azúcar por tratamiento en cm a los 180 días después de la siembra.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable altura de tallos.

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20093.63	4	5023.41	23.79	<0.0001**
Tratamientos	20093.63	4	5023.41	23.79	<0.0001**
Error	41175.53	195	211.16		
Total	61269.16	199			

CV= 6.87 %

**= diferencia estadística altamente significativa

El resultado del análisis de varianza (cuadro 19) indica que se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa para los cinco tratamientos evaluados; la caña de azúcar presentó una respuesta positiva en el crecimiento de los tallos por efecto de la fertilización nitrogenada con respecto al testigo, razón por la cual se procedió a realizar una prueba de separación de medias de Tukey para los tratamientos evaluados (cuadro 20).

Cuadro 20. Prueba de separación de medias para la variable altura de tallos.

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	Tukey 0.05	
T1 urea 100 kg N/ha solución acuosa	221.28	2.3	A	
T2 nitro xtend 100 kg N/ha solución acuosa	215.70	2.3	A	
T3 nitro xtend 85 kg N/ha solución acuosa	214.93	2.3	A	
T4 urea 100 kg N/ha aplicación granular	213.73	2.3	A	
T5 testigo absoluto	192.20	2.3		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al analizar los resultados de las medias del cuadro 20, se observa que hay diferencias estadísticas altamente significativas utilizando la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5 %. Se determinó, que hay un incremento promedio de los tratamientos con fertilización nitrogenada del 12.5 % en el crecimiento de la caña azúcar con respecto al testigo absoluto.

Dentro de los tratamientos con fertilización nitrogenada no se encontró diferencia significativa. Se esperaba que el tratamiento dos Nitro-xtend 100 kg/ha de N en solución acuosa fuera superior debido a la disponibilidad de nitrógeno y a la reducción de volatilización de nitrógeno (en urea granular como diluida), esto se debió a que la evaluación se realizó en época lluviosa minimizando las pérdidas por volatilización por lo que se comportaron de manera similar.

B. Tallos por metro lineal

En el cuadro 21 se muestra el resultado del análisis de varianza de la densidad de tallos por metro lineal a los 180 días después de la siembra.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable tallos por metro lineal.

FV	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	35.36	4	0.84	23.01	<0.0001**
Tratamientos	35.36	4	0.84	23.01	<0.0001**
Error	74.93	195	0.38		
Total	110.29	199			

CV= 6.12 %

**= diferencia estadística altamente significativa

El resultado del análisis de varianza (cuadro 21) indica que se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa para los cinco tratamientos evaluados; la caña de azúcar presentó una respuesta positiva para la variable densidad de tallos por metro lineal por efecto de la fertilización nitrogenada con respecto al testigo, razón por la cual se procedió a realizar una prueba de separación de medias de Tukey para los tratamientos evaluados (cuadro 22).

Cuadro 22. Prueba de separación de medias para la variable tallos por metro lineal.

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	Tukey 0.05		
T2 nitro xtend 100 kg N/ha solución acuosa	10.49	0.10	A		
T1 urea 100 kg N/ha solución acuosa	10.43	0.10	A		
T3 nitro xtend 85 kg N/ha solución acuosa	10.35	0.10	A	B	
T4 urea 100 kg N/ha aplicación granular	10.01	0.10		B	
T5 testigo absoluto	9.35	0.10			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En el cuadro 22, a partir de la prueba de separación de medias de la densidad de tallos por metro lineal utilizando la comparación de Tukey con un nivel de significancia del 5 %. Se determinó, que hay un incremento promedio de los tratamientos con fertilización nitrogenada del 10.4 % en la población respecto al testigo absoluto. Lo que indica, que hay una respuesta altamente significativa de la fertilización nitrogenada en comparación con el testigo sin aplicación.

El tratamiento dos (nitro xtend 100 kg/ha de N en solución acuosa) con una media de 10.49 tallos por metro lineal, el tratamiento uno (urea 100 kg/ha de N en solución acuosa) con una media de 10.43 tallos por metro lineal, y el tratamiento tres (nitro xtend 85 kg/ha de N en solución acuosa) con una media de 10.35 tallos por metro lineal son estadísticamente iguales y presentaron mejores medias en cuanto al número de tallos por metro lineal; seguidas por el tratamiento cuatro (urea 100 kg/ha de N granular), y por último el testigo absoluto el cual presentó una media de 9.35 tallos/m lineal, un total de 1.14 tallos menos que el tratamiento dos, lo cual representa el 12 % de producción de tallos.

C. Diámetro de tallos

En el cuadro 23 se muestra el resultado del análisis de varianza del diámetro medio de 10 tallos de caña de azúcar por tratamiento en cm a los 180 días después de la siembra.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos.

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.44	4	0.11	1.67	0.1591 NS
Tratamientos	4	0.1	1.67	0.16	0.1591 NS
Error	12.74	195	0.07		
Total	13.18	199			

CV= 10.51 % NS= diferencia estadística no significativa

El resultado del análisis de varianza indica que, no se obtuvo una diferencia estadística significativa para los tratamientos evaluados; la caña de azúcar no presentó una respuesta positiva en el diámetro de los tallos por efecto de la fertilización nitrogenada con respecto al testigo, según Wiedenfeld (1997) la aplicación se realizó dentro de los rangos óptimos en donde no se ve influenciado el diámetro del tallo ya que en estudios previos al realizar aplicaciones altas de nitrógeno pueden aumentar el índice de área foliar, la

tasa de crecimiento y el rendimiento de tallos, lo que provoca un detrimento de la calidad del jugo.

D. Grados brix

El cuadro 24 muestra el resultado del análisis de varianza del indicador grados Brix, de la media de cinco muestras de jugo de caña de azúcar al momento de la cosecha (a los 203 días después de la siembra).

Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable grados brix.

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.85	4	2.46	0.92	0.4539 NS
Tratamientos	9.85	4	2.46	0.92	0.4539 NS
Error	522.62	195	2.68		
Total	532.47	199			

CV= 7.88 %

NS= diferencia estadística no significativa

El resultado del análisis de varianza indica que, no se obtuvo una diferencia estadística significativa para los tratamientos evaluados; la caña de azúcar no presentó una respuesta positiva en los grado Brix por efecto de la fertilización nitrogenada con respecto al testigo.

2.6.3 Contenido de nitrógeno foliar

Se muestrearon 15 hojas representativas de caña de azúcar por cada tratamiento a los 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación para determinar el contenido de nitrógeno (figura 22).

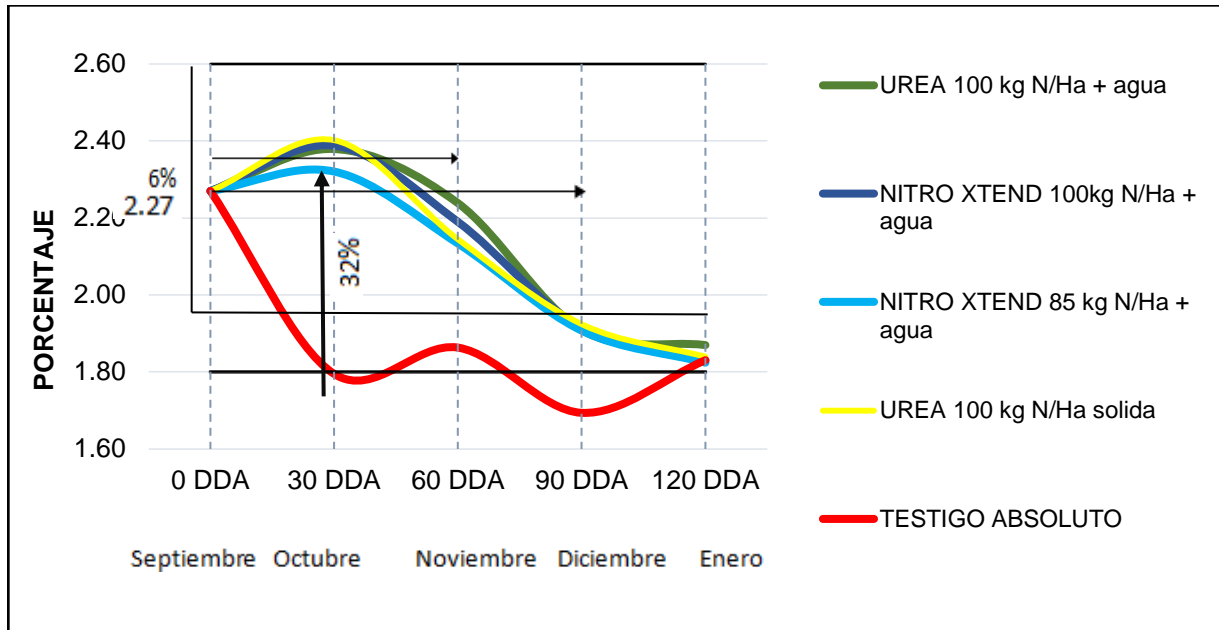


Figura 22. Curvas de nitrógeno foliar en los respectivos tratamientos evaluados, finca El Triunfo, Pantaleón.

Según Mills & Jones (1996) los rangos de suficiencia de macronutrientes del contenido de nitrógeno foliar se encuentran en un intervalo de 2.00 % a 2.60 %, por lo que en la figura 22 se puede observar que a los 75 días después de la aplicación de los tratamientos el porcentaje era adecuado, caso contrario al testigo absoluto el cual se quedó por debajo de 1.80 % por lo que no se encontraba dentro del rango de suficiencia, lo que evidencia la absorción de nitrógeno.

Al analizar el comportamiento de la gráfica de la figura 22, se puede observar que a partir del cuarto mes del ciclo (90 DDA), las concentraciones del contenido de nitrógeno foliar fueron disminuyendo en un 9 %.

Los tratamientos evaluados demostraron tener una respuesta similar en cuanto al contenido de nitrógeno foliar, se observó en la figura 22 que a los 30 días después de la aplicación las plantas obtuvieron la máxima disponibilidad de nitrógeno, y luego estas disminuyeron a través del tiempo debido a que se realizó una única aplicación y que la planta la utilizó para sus procesos fisiológicos.

2.6.4 Análisis económico

En el cuadro 25 se muestra el análisis económico de los cinco tratamientos evaluados.

Cuadro 25. Análisis económico de los tratamientos evaluados.

Trat.	Rendimiento de caña (T/ha)	Precio de caña/T	Ingreso Total	Costo kg N	Dosis N	Costo fertilización nitrogenada	Costo de aplicación	Costo de producción	Costo Total	Utilidad neta	Diferencial contra testigo	Rentabilidad (%)
T2	129.17	\$16.00	\$2,066.72	\$0.81	100	\$81.00	\$22.00	\$1,400.00	\$1,503.00	\$563.72	\$338.28	38
T1	125.32	\$16.00	\$2,005.12	\$0.71	100	\$71.00	\$22.00	\$1,400.00	\$1,493.00	\$512.12	\$286.68	34
T3	118.35	\$16.00	\$1,893.60	\$0.81	85	\$68.85	\$22.00	\$1,400.00	\$1,490.85	\$402.75	\$177.31	27
T4	117.26	\$16.00	\$1,876.16	\$0.71	100	\$71.00	\$22.00	\$1,400.00	\$1,493.00	\$383.16	\$157.72	26
T5	101.59	\$16.00	\$1,625.44	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	\$1,400.00	\$1,400.00	\$225.44	\$0.00	16

El cuadro 25 muestra el análisis económico de los tratamientos evaluados contra el testigo sin aplicación, podemos observar que el T2 (Nitro-xtend 100 kg/ha de N en solución acuosa) presenta una rentabilidad del 38 % que equivale a un diferencial de U.S. \$ 338.28 más que lo producido por el testigo. En segundo lugar se encuentra el T1 (urea 100 kg/ha de N en solución acuosa) con una rentabilidad del 34 % que equivale a un diferencial de U.S. \$ 286.68 con respecto al testigo, sin embargo produjo U.S. \$ 51.60 menos que el T2.

2.7 CONCLUSIONES

1. El tratamiento que presentó mejor rendimiento de caña de azúcar fue el tratamiento dos (nitro xtend 100 kg/ha de N) con 129.17 T/ha.
2. La altura de los tallos así como el número de tallos por metro lineal del cultivo de caña de azúcar el tratamiento dos (nitro xtend 100 kg/ha de N) fue mejor respecto a los otros tratamientos, mientras que las variables diámetro de tallos y concentración de grados Brix del jugo de caña de azúcar no presentaron diferencia estadística significativa.
3. Económicamente el tratamiento dos (Nitro-xtend 100 kg/ha de N en solución acuosa) es el que proporciona mayor rentabilidad con 38 % (utilidad neta de U.S. \$ 563.72), seguido del tratamiento uno (urea 100 kg/ha de N en solución acuosa) con 34 % (utilidad neta de U.S. \$512.12)

2.8 RECOMENDACIONES

1. Bajo las condiciones climáticas y edáficas en que se realizó la investigación aplicar Nitro-xtend (100 kg/ha de N en solución acuosa).
2. Como alternativa utilizar como urea en solución acuosa (100 kg/ha de N) bajo condiciones similares a la realización de este estudio (climáticas y edáficas).

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Alexander, A. (1973). *Fisiología de la caña de azúcar*. Amsterdam: Elsevier.
2. Asociación de Azucareros de Guatemala (AZASGUA). (2017). *Ingenios en Guatemala*. Recuperado el 16 de septiembre de 2017, de AZASGUA: <http://www.azucar.com.gt/ingenios.html>
3. Association of American Plant Food Control Officials, USA (AAPFCO). (2005). *Fertilizantes de liberación lenta o controlada*. USA: AAPFCO, Official Publication #58.
4. Blackburn, F. (1984). *Caña de azúcar*. New York: Longman.
5. Cantarella, H. (2003). *Inhibidor de la ureasa*. Mococa, Brasil: Instituto Agronómico de Campinas.
6. Cantarella, H., Ocheuze, P., Michelucci, T., Ferreira, F., Rossetto, R., Coimbra, R. B., & Quaggio, J. (2008). *Volatilización de amoníaco con urea tratado con inhibidor de ureasa en caña de azúcar*. Sau Paulo, Brasil: Universidad de Sao Paulo.
7. Castro, O. (2012). El riego en el cultivo de caña de azúcar. En M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinoza, *La caña de azúcar en Guatemala* (págs. 177-200). Guatemala: Arthemis Edinter.
8. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala (CENGICAÑA). (2017). *Producción de azúcar en Guatemala*. Recuperado el 16 de septiembre de 2017, de CENGICAÑA: https://public.tableau.com/profile/publish/ProduccionGuatemala_1/ProduccionGuatemala#!/publish-confirm
9. Chaves Solera, M. (1999). *Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica*. San José, Costa Rica : LAICA-DIECA.
10. Chaves Solera, M. (2004). *La caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol carburante*. Costa Rica: LAICA, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA).
11. Conquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press.
12. Corporación Pantaleón, Guatemala. (2017). *Producción de caña de azúcar*. Recuperado el 16 de septiembre de 2017, de Corporación Pantaleón: <https://www.pantaleon.com/#mapa-de-operaciones>

13. El Nuevo Diario, Nicaragua. (2015). *Caña de azúcar en cifras*. Recuperado el 16 de septiembre de 2017, de El Nuevo Diario: <http://www.elnuevodiario.com.ni/infografia/3082/>
14. Engel, R., Jones, C., & Wallander, R. (2011). *Voliatilización de amonico*. Madison, USA: Nutrient Management & Soil & Plant Analysis.
15. Espinoza, G. (2012). Manejo y control de malezas. En M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinoza, *La caña de azúcar en Guatemala* (págs. 131-147). Guatemala: Arthemis Edinter.
16. Herrera, A. (2015). *Nitro xtend*. Guatemala: DISAGRO.
17. Instituto Geográfico Nacional, Guatemala (IGN). (1996). Hoja cartográfica Escuintla, no. 2058-IV. *Mapa topográfico de la república de Guatemala*. Guatemala: IGN.
18. Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático, Guatemala (ICC). (2017). *Climadiagrama de la estación el Bálsamo*. Recuperado el 2017, de ICC: <https://redmet.icc.org.gt/comparativas>
19. International Fertilizer Association, Francia (IFA). (2011). *Los fertilizantes y su uso*. París, Francia: IFA.
20. Jackson, P., Bonnett, G., Hogarth, M., Chudleigh, P., & Madera, A. (2000). La importancia relativa del rendimiento de la caña y los rasgos que afectan la CCS en variedades de caña de azúcar. *22th. Annual Australian Society of Sugar Cane Techonologists* (págs. 23-29). Bundaberg, Australia: Australian Society of Sugar Cane Techonologists.
21. James, G. (2003). *Introducción de la caña de azúcar*. Oxford: WileyBlackwell.
22. Keusch, P. (2011). *Descomposición de la urea con la ureasa*. Obtenido de 2. Keusch P. http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/index_e.html
23. Korndofer, G. (1994). *Importancia de la fertilización en la calidad de la caña de azúcar*. Sao Paulo: Icone.
24. Landell, M., & Silva, M. (1995). Manual do experimentador: melhoramento da cana-de-açúcar. En *Metodologia de experimentação: ensaios de competição em cana-de-açúcar* (págs. 3-9). Pindorama, Brasil: LANDELL, M.G.A.; SILVA, M.A. Manual do experimentador: melhoramento da cana Instituto Agrônômico.
25. Larrahondo, J. (1995). Calidad de la caña de azúcar. *CENICAÑA*, 337-354.
26. López, J. A. (2011). Estabilizadores de nitrógeno. *Mayor aprovechamiento del nitrógeno, DISAGRO*, 44.

27. Marques, M. O., Marques, T. A., & Tasso, L. C. (2001). *Técnoología del azucar, Producción industrial de la caña de azúcar*. Joboticabal: Funep.
28. Meade, G. P., & Chen, J. P. (1977). *Sugar cane handbook*. New York: Willey-Interscience Publication.
29. Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O., & Espinoza, R. (2014). *El cultivo de caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: Arthemis Edinter.
30. Melgar, R. (2005). *Resumen de los principales conceptos e información presentada en el Taller Internacional de Fertilizantes de Eficiencia Mejorada*. Alemania: IFA.
31. Mills, H. A., & Jones, B. J. (1996). *Plant anlaisis handbook II*. Georgia, USA: Micro Macro Publishing.
32. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica (MAG). (1991). *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. San José, Costa Rica: MAG.
33. Monzambani, A. E., Pintos, A., & Segato, S. (2006). *Historia de la morfología de la caña de azúcar*. Piracicaba: JCM.
34. Navarro, G., & Navarro, S. (2014). *Fertilizantes química y acción*. Murcia, España: Mundi- Prensa.
35. Orlando Filho, J. (1993). *Produção de cana de açúcar*. Sao Paulo, Brasil: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ).
36. Ovalle, W. (2012). Enfermedades de la caña de azúcar. En M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinoza, *La caña de azúcar en Guatemala* (págs. 233-258). Guatemala: Arthemios Edinter.
37. Ovalle, W., Quemé, J. L., Orozco, H., & Pérez, O. (2012). Semilleros y siembra comercial. En M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinoza, *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala* (págs. 120-130). Guatemala: Artemis Edinter.
38. Pérez, O. (2012). Nutrición y fertilización. En M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinoza, *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala* (pág. 512). Guatemala: Artemis Edinter.
39. Pérez, O. (2017). *Volatilización de N-NH₃ de urea granulada y en mezcla con vinaza concentrada*. Guatemala: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala (CENGICAÑA).
40. Rae, A. L., Martinelli, A. P., & Dornelas, M. C. (2014). Anatomy and morphology. En P. Moore, & B. F.C., *Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology* (págs. 19-34.). USA: Jonh Wiley.

41. Rawluk, C., Grant, C., & Racz, G. (2001). *Ammonia volatilization from soils fertilized with urea and varying rates of urease inhibitor NBPT*. Canada: Agriculture and Agri-Food Canada; Department of Soil Science.
42. Rodrigues, D. J. (1995). *Fisiología de la caña de azúcar*. Universidad Estadual Paulista: Botocatu.
43. Romero, E., Alonso, L., Casen, S., Leggio, M. F., Tonatto, M. J., Scandaliaris, J., . . . Fenández, J. (2009). *Manual del cañero; Fertilización de la caña de azúcar*. San Miguel Tecumán, Argentina: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
44. *Santa Lucía Cotzumalguapa*. (2017). Recuperado el 16 de septiembre de 2017, de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Luc%C3%ADa_Cotzumalguapa
45. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. (1959). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 995 p.
46. Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario, Colombia (SIPSA). (2012). *Importancia de los fertilizantes nitrogenados*. Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
47. Skinner, J. C. (1967). Grading varieties for selection. *12 ISSCT - International Society of Sugar Cane Technologists* (págs. 938-949). Canadá: ISSCT.
48. Smith, R., & Reynolds, H. (1966). Principales, definiciones and scope of integrated pest control. En R. Smith, & H. Reynolds, *Integrated control* (págs. 1-17). Roma, Italia: Proc. FAO Symp.
49. Stupiello, J. (1987). *Caña como materia prima*. Campinas: Paranhos, Brasil.
50. Subirós, J. F. (1988). *Respuesta de la caña de azúcar a la fertilización de nitrato de amonio en un mondisol, Guanacaste*. Guanacaste, Costa Rica: El Viejo, Dep. de Investigación Azucarera.
51. Viveros, C., & Calderón, H. (1995). Siembra. En CENICAÑA, *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (págs. 131-139). Cali, Colombia: CENICAÑA.

2.10 ANEXOS

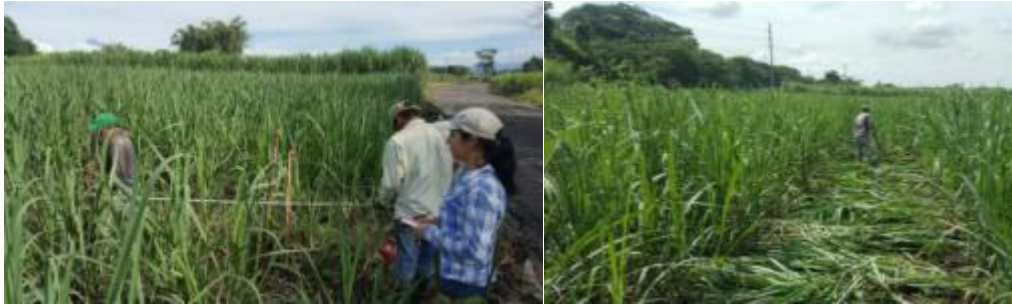
Datos recolectados del contenido de nitrógeno foliar de los cinco tratamientos evaluados en la finca el Triunfo, perteneciente al Ingenio Pantaleón.

Cuadro 26A. Niveles de nitrógeno foliar y presentación de análisis estadísticos descriptivos en los tratamientos evaluados, finca El Triunfo, Pantaleón.

Tratamiento	Descripción	kg/ha de N	0 DDA	30 DDA	60 DDA	90 DDA	120 DDA
1	urea 100 kg N/ha solución acuosa	100	2.27	2.38	2.24	1.91	1.87
2	nitro xtend 100 kg N/ha solución acuosa	100	2.27	2.39	2.19	1.91	1.83
3	nitro xtend 85 kg N/ha solución acuosa	85	2.27	2.32	2.13	1.91	1.82
4	urea 100 kg N/ha aplicación granular	100	2.27	2.40	2.14	1.92	1.84
5	testigo absoluto	0	2.27	1.79	1.86	1.69	1.83
Mínimo			1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Máximo			2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Promedio			2.27	2.26	2.11	1.87	1.84
Desviación estándar			0	0.26	0.15	0.10	0.02
Coeficiente de variación			0 %	12 %	7 %	5 %	1 %

Fuente: Investigación documental. Año 2016

Fotografías del desarrollo del experimento.



Fuente: elaboración propia

Figura 23A. Delimitación del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Fuente: elaboración propia

Figura 24A. Proceso de aplicación de los tratamientos evaluados del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Fuente: elaboración propia

Figura 25A. Formas de aplicación de los tratamientos evaluados del área experimental.



Fuente: elaboración propia

Figura 26A. Aplicación de insecticidas y herbicidas para control de plagas encontradas en el área experimental.



Fuente: elaboración propia

Figura 27A. Resultados de la aplicación de herbicida para control de malezas encontradas en el área experimental.



Fuente: elaboración propia

Figura 28A. Resultados de la aplicación de insecticidas para control de plagas encontradas en el área experimental.



Fuente: elaboración propia

Figura 29A. Muestras foliares mensuales por tratamientos recolectados en el área experimental.



Fuente: elaboración propia

Figura 30A. Fotografía de la cosecha del cultivo de la caña de azúcar por tratamiento evaluado en el área experimental.

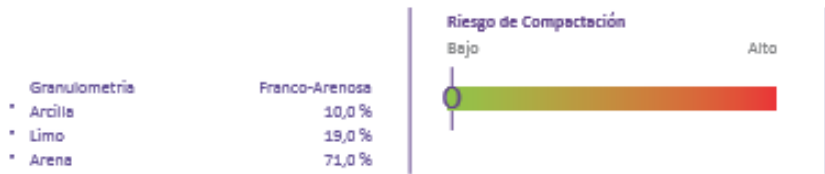


INFORME DE ENSAYO - SUELO



Nº de Referencia:	5-16/43165	Registrada en:	Disagro		
Análisis:	5-3158	Centro Análisis:	AGQ España		
Tipo Muestra:	SUELO AGRICOLA	Fecha/Hora:	18/10/2016	Fecha Recepción:	21/10/2016
		Muestreo:		Fecha Fin:	03/11/2016
		Fecha Inicio:	28/10/2016	Contrato:	133133-A
Muestreado por:	Personal Disagro				
		Cliete 39:	---		
Descripción:	77475 PANTA_TRF 0-20 cm.2016				
Cliete:	DISAGRO DE GUATEMALA, S.A.				

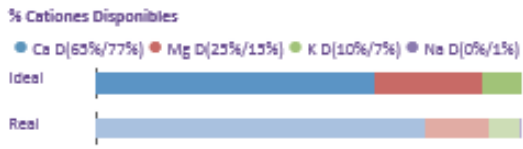
FERTILIDAD FÍSICA



FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
pH (Extracto 1/2,5)	6,33			6,50		7,50		Extrac Acuosa	PEC-001
Conductividad Eléctrica (I)	78,3	µS/cm a 20°C		200		400		Extrac Acuosa	PEC-002
Nitrógeno Total	3,804	mg/kg		1,000		1,500			PEC-034
• Calcio Disponible	4,87	meq/100 g		8,00		14,0		Ac NH4	PEC-009
• Magnesio Disponible	0,96	meq/100 g		1,30		2,50		Ac NH4	PEC-009
• Potasio Disponible	0,46	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH4	PEC-009
• Sodio Disponible	0,06	meq/100 g		0,25		0,75		Ac NH4	PEC-009
• Materia Orgánica	7,11	%							PECUSA-034

RELACIONES CATIÓNICAS



NOTA
 Nota: L.C.: Límite de Cuantificación. SP: sólo parental. Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. N/L: No Legislado.

FECHA EMISIÓN: 03/11/2016

P.A.
 Ana Quintanilla Velásquez
 Resp. Lab. Inorgánico

OBSERVACIONES:

Fuente: AGQ, 2016

Figura 31A. Informe del análisis de suelo realizado en el área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



INFORME DE ENSAYO- MATERIAL VEGETAL



Nº de Referencia:	V-16/49396	Registrada en:	Disagro	Fecha Recepción:	21/10/2016
Análisis:	V-0000-USA	Centro Análisis:	AGQ USA	Fecha Fin:	31/10/2016
Tipo Muestra:	FOLIAR	Fecha/Hora Muestreo:	18/10/2016	Contrato:	1416488-8
Muestreado por:	Personal Disagro	Fecha Inicio:	26/10/2016	Cliete 39:	---
Descripción:	77434/PANTA_TRF.2016				
Cliete:	DISAGRO DE GUATEMALA, S.A.				

MACRONUTRIENTES

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Técnica	PNT
Nitrógeno Total	2,27	%						Anal. Elemental	PEC-034
Fósforo	0,13	%						Espect ICP-OES	PEC-009
Potasio	2,43	%						Espect ICP-OES	PEC-009
Calcio	0,07	%						Espect ICP-OES	PEC-009
Magnesio	0,13	%						Espect ICP-OES	PEC-009
Azufre	0,05	%						Espect ICP-OES	PEC-009

MICRONUTRIENTES

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Técnica	PNT
Hierro	19,3	mg/kg						Espect ICP-OES	PEC-009
Manganeso	12,0	mg/kg						Espect ICP-OES	PEC-009
Cobre	6,22	mg/kg						Espect ICP-OES	PEC-009
Zinc	11,2	mg/kg						Espect ICP-OES	PEC-009
Boro	11,1	mg/kg						Espect ICP-OES	PEC-009
* Molibdeno Total	< 10,0	mg/kg						Espect ICP-OES	PEC-009

ELEMENTOS FITOTÓXICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Técnica	PNT
* Cloruros	848	mg/kg						Analiz Flujo Segmen	PE-336
Sodio	< 230	mg/kg						Espect ICP-OES	PEC-009

NOTA

Nota: L.C.: Límite de Cuantificación. SP: sólo parental. Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. N/L: No Legislado.

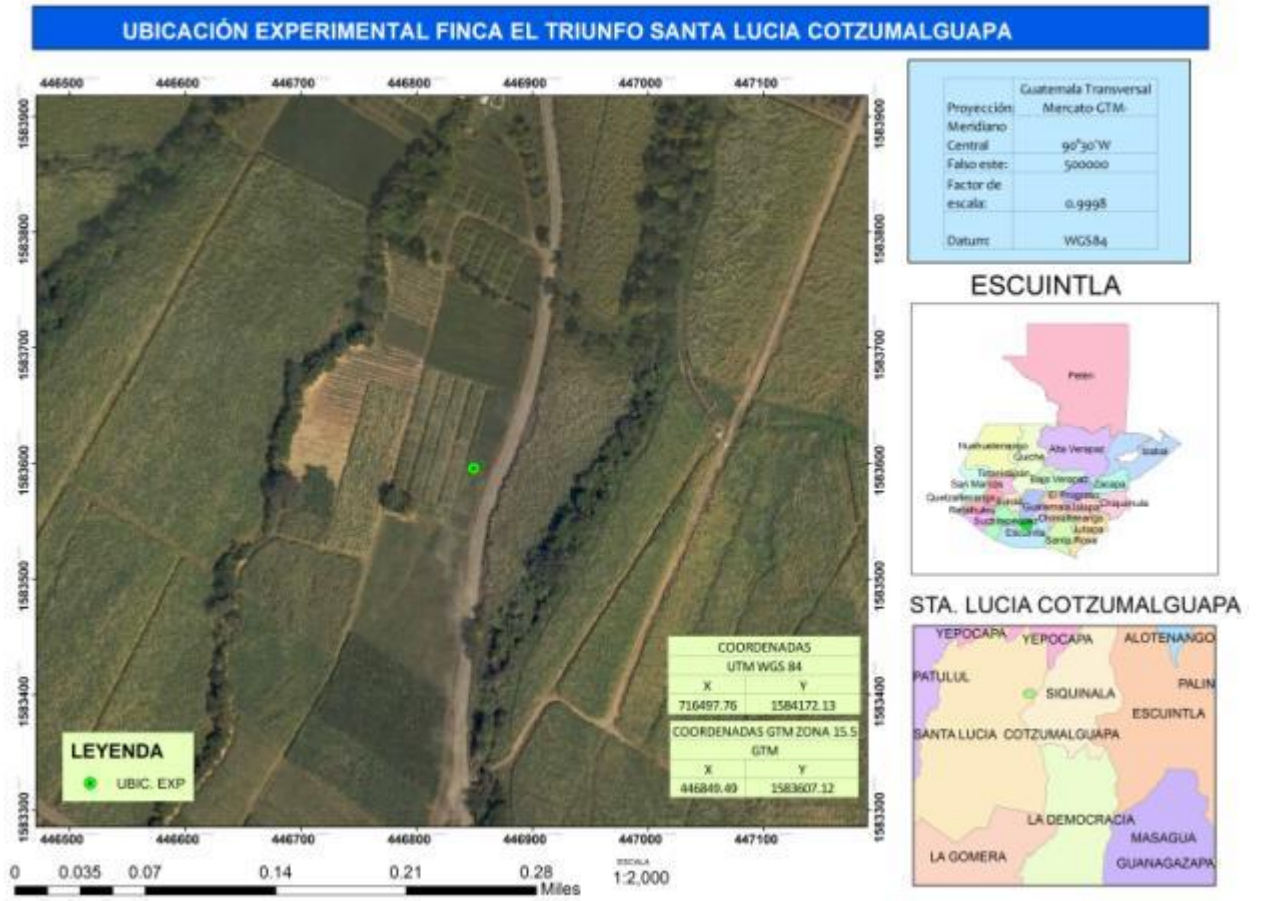
OBSERVACIONES:

FECHA EMISIÓN: 31/10/2016

José Enrique Moriles
Resp. Lab. Inorgánico

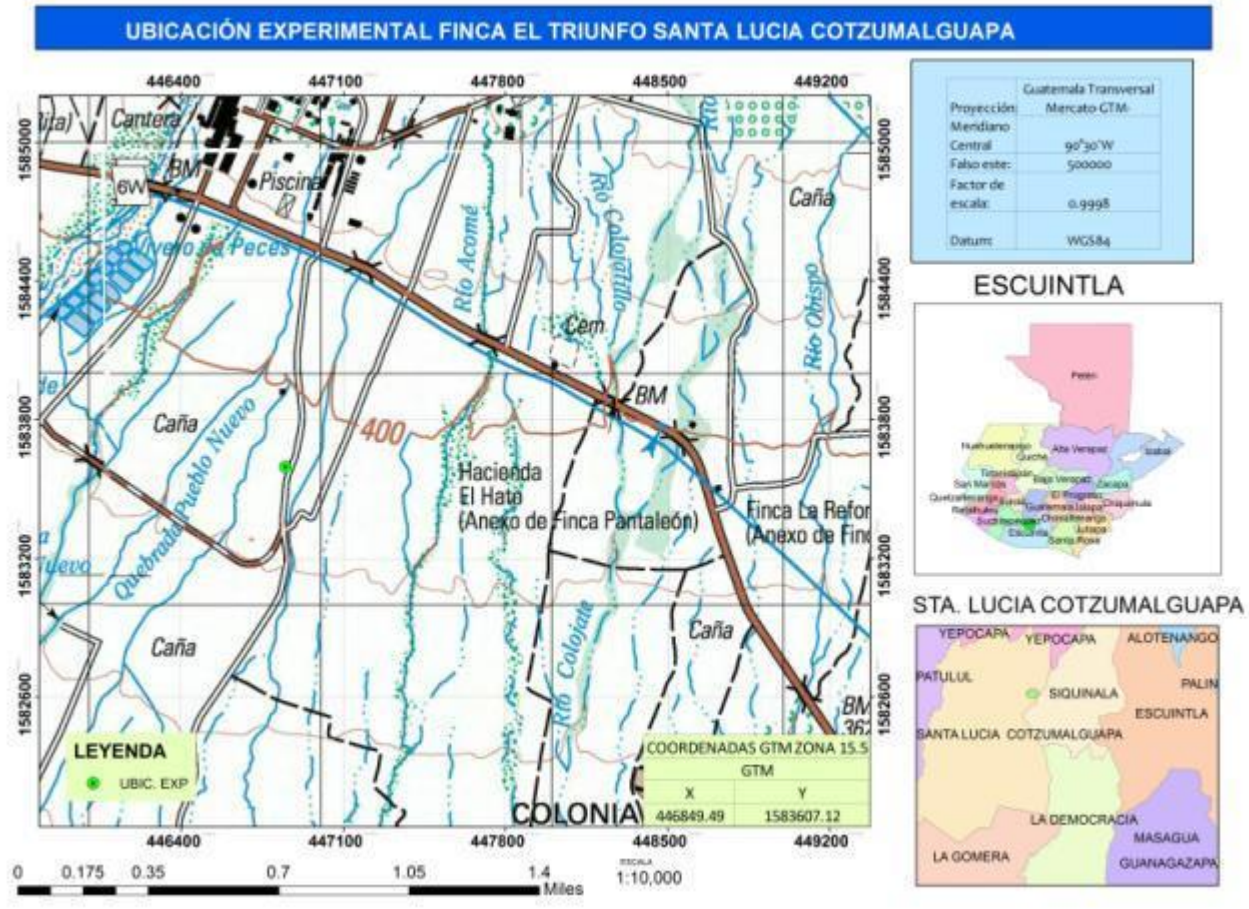
Fuente: AGQ, 2016

Figura 32A. Informe del primer análisis de foliar realizado en el área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



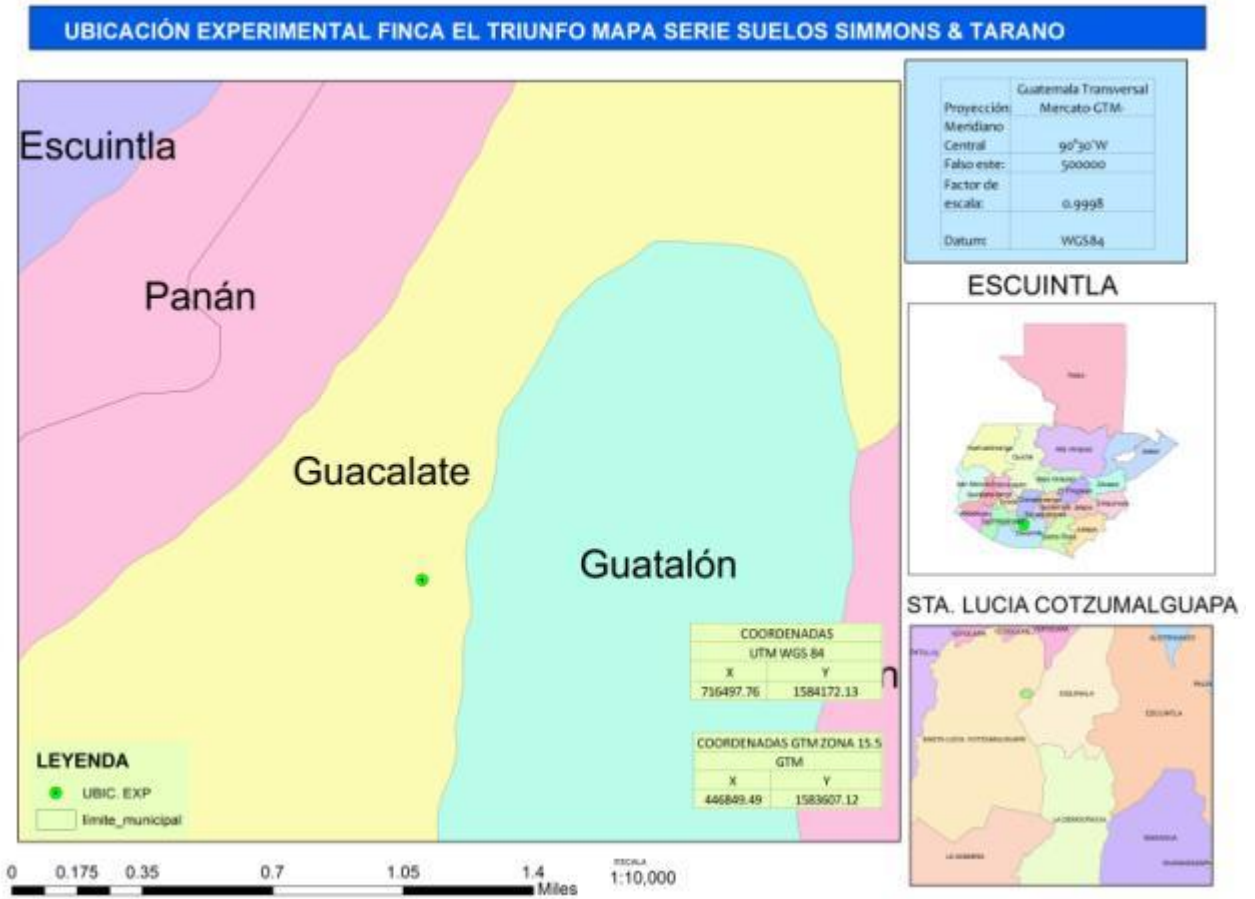
Fuente: elaboración propia

Figura 33A. Ubicación del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



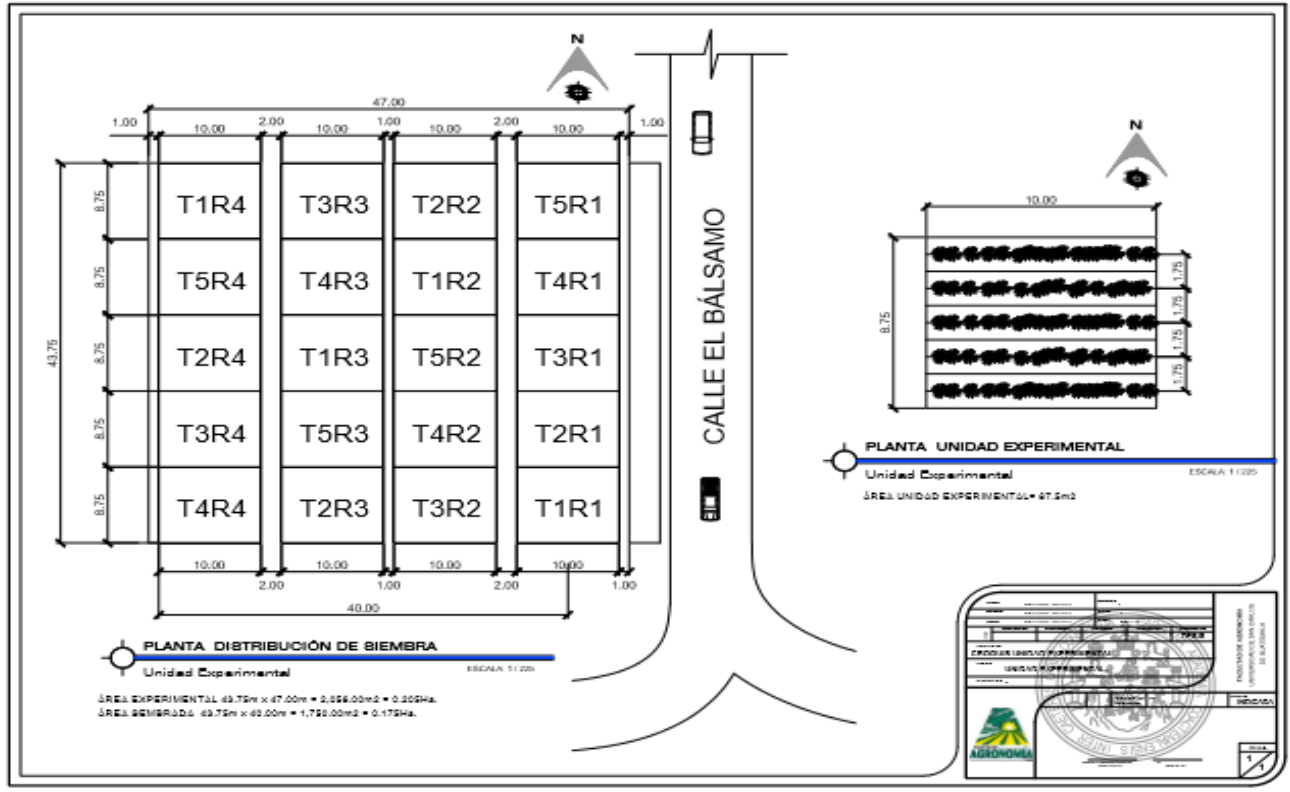
Fuente: elaboración propia

Figura 34A. Mapa de ubicación del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



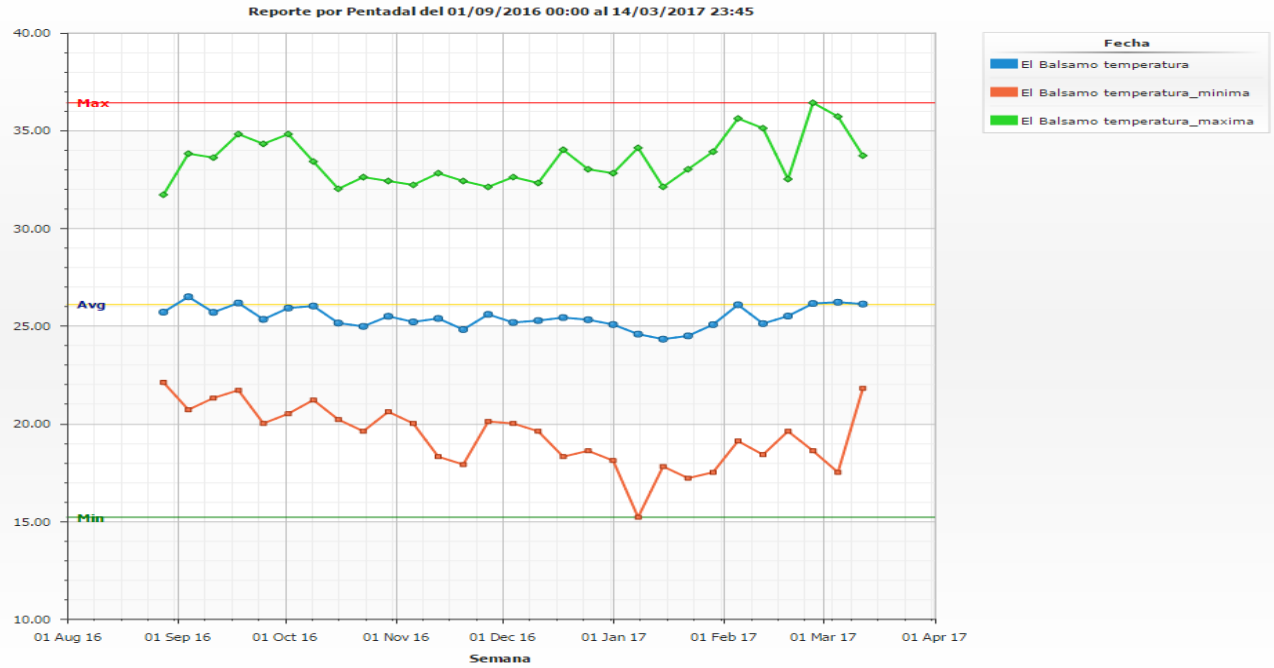
Fuente: Simmons & Tarano, 1959, Adaptado por Trujillo Díaz, 2017.

Figura 35A. Mapa de serie de suelos Simmons & Tarano realizado el área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



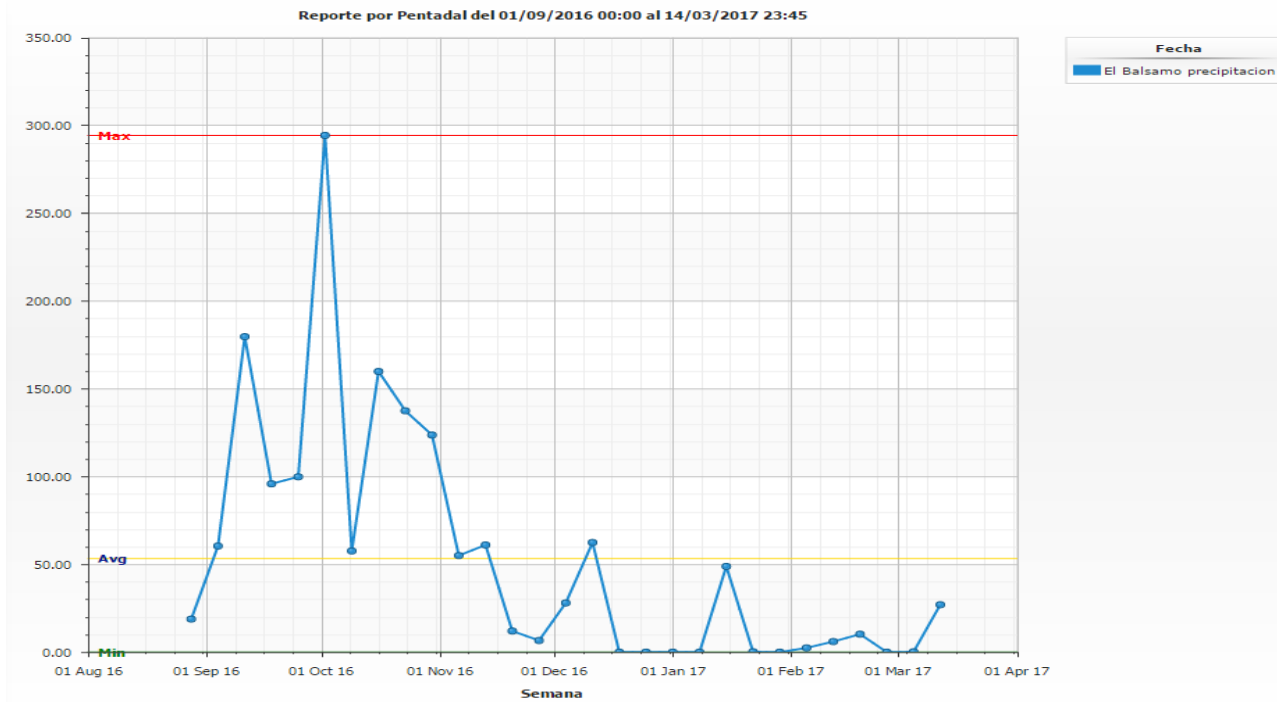
Fuente: elaboración propia

Figura 36A. Croquis del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Km 86 Ruta al Pacífico, CA 2 (occidente), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Fuente: ICC, 2017

Figura 37A. Reporte por pentadal de la temperatura en un periodo de nueve meses de la estación meteorológica el Bálsamo cerca del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Fuente: ICC, 2017.

Figura 38A. Reporte por pentadal de la precipitación pluvial tomada semanalmente en un periodo de nueve meses de la estación meteorológica el Balsamo cerca del área experimental, finca El Triunfo, Ingenio Pantaleón, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL CENTRO LOGÍSTICO DEL DEPARTAMENTO DE AGRITEC, DISAGRO DE GUATEMALA, S.A., GUATEMALA.

3.1 INTRODUCCIÓN

DISAGRO de Guatemala, S.A., es una empresa que se ha caracterizado por liderar el mercado nacional y compite por mejorar la posición a nivel Centroamericano en la venta de fertilizantes, agroquímicos, implementos industriales y maquinaria agrícola. Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala y posterior a haber realizado el diagnóstico deben realizar servicios en el área que lo requiera.

Dentro de los servicios profesionales se desarrollaron dos actividades del programa del Centro Logístico: primero sirviendo como facilitadora en la recepción de muestras, la realización de diferentes prácticas y mantenimiento del Centro Logístico, y segundo sirviendo como facilitadora para la actualización del inventario y calibración de equipo para estaciones meteorológicas y sondas de suelo. A continuación se presentan las actividades realizadas en el Centro Logístico con el fin de apoyar y contribuir a mejorar los distintos servicios que presta.

En el servicio 1 se determinó que por mes se recibe en promedio un total de 542 muestras, de estas el 26 % corresponde a alimentos (140), foliar 22 %, suelos así como soluciones de suelo le corresponde a cada uno 22 % y por último foliares 6 %; se identificó que para reducir el tiempo en que se realizan los análisis a partir de la recepción de la muestra, se debe elaborar una ficha de identificación por cada operario, esto con el fin de que cada uno de los que reciban las muestras se puedan plantear metas y puedan elaborar los informes por la investigación realizada y los resultados obtenidos.

En el servicio 2 se estimaron un total de 69 unidades de sondas en diferentes estados y profundidades de suelo, disponibles para uso inmediato en stock nuevo y usado; del total el 86 % (59 unidades) corresponde a sondas que están en óptimas condiciones para ser utilizadas mientras que el 14 % restante (10 unidades) se encuentran dañadas. Se

estimaron 12 bombas de vacío en buen estado y 3 barrenos disponibles para realizar muestreos de suelo.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo General

Realizar actividades en el Centro Logístico del departamento de AGRITEC que sean de beneficio para DISAGRO DE GUATEMALA S.A. durante el periodo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

3.2.2 Objetivos Específicos

1. Apoyar como facilitadora en las prácticas de análisis nutricionales de muestras en el Centro Logístico y así agilizar el proceso de envío al laboratorio proveedor (A.G.Q.).
2. Realizar la actualización de inventario así como la calibración de sondas de suelo y equipo para estaciones meteorológicas.

3.3 SERVICIO 1: RECEPCIÓN DE MUESTRAS, REALIZACIÓN DE DIFERENTES ACTIVIDADES Y MANTENIMIENTO DEL CENTRO LOGÍSTICO.

3.3.1 Presentación

El procesamiento del análisis foliar y de fruto, consta de una serie de procesos hasta finalizar con el análisis de laboratorio A.G.Q, con el fin de determinar los requerimientos nutricionales del cultivo de interés (caña de azúcar, palma, café, banano, aguacate entre otros).

Durante la realización del diagnóstico del Centro Logístico de Disagro se entrevistaron a varios empleados e ingenieros de la empresa con el fin de conocer las principales actividades que realizan y como estas contribuyen a brindar un mejor servicio a los agricultores. Como resultado de ello se determinó que la recepción de muestras para su posterior análisis es uno de los servicios que brinda el Centro Logístico y que debe agilizarse para poder reducir el tiempo de espera por parte de los clientes. Teniendo en cuenta que la empresa Disagro busca llegar a todos los agricultores y posicionarse como la empresa líder en toda Guatemala, brindando a sus clientes productos y servicios de calidad, se planteó apoyar como facilitadora en los diferentes procesos de recepción y análisis de muestras.

3.3.2 Objetivos

A. General

Apoyar como facilitadora en las prácticas de análisis nutricionales de muestras en el Centro Logístico y así agilizar el proceso de envío al laboratorio proveedor (A.G.Q.).

B. Específicos

1. Agilizar el proceso de análisis de muestras en el Centro Logístico y enviarlas al laboratorio A.G.Q.

2. Apoyar en la realización de los análisis de suelo y muestras foliares en el Centro Logístico.

3.3.3 Metodología

La preparación de muestras vegetales se realizan dentro de las instalaciones del Centro Logístico y los pasos en que se realiza son los siguientes:

A. Identificación de muestras de material vegetal ingresadas en el Centro Logístico

La figura 39 muestra un ejemplo de muestras foliares (A) y frutos (B), que continuamente son recibidos en el Centro Logístico. Esta misma estructura se repite para identificar cada muestra.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 39. (A) Muestras foliares de caña de azúcar, (B) muestras de frutos banano.

Se identifica cada muestra que ingresa al Centro Logístico, estableciendo un código, para conservar el registró del análisis. Los datos establecidos son: finca o número de lote, número de tratamiento, encargado y la fecha de muestreo.

B. Análisis foliar

Las muestras recibidas en el Centro Logístico deben pasar por los siguientes procedimientos:

a. Limpieza de muestras foliares en el Centro Logístico.

La limpieza de la muestra se realiza de la siguiente forma: el material se lava con agua de filtro y luego con jabón neutro, después se hace un lavado con agua desmineralizada, para eliminar restos de polvo o residuos.

La figura 40 muestra el proceso del lavado y los equipos necesarios. Se requieren cuatro recipientes que contenga en orden: agua, una mezcla de agua con jabón neutro, el tercero que contiene agua, para quitar el excedente de jabón y por último agua desmineralizada. El material se pasa por cada recipiente. Todo este procedimiento se repite para cada muestra que ingresa para análisis nutricional.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 40. Procedimiento de lavado de foliares de caña de azúcar en el Centro Logístico.

b. Secado de muestras de material foliar en el Centro Logístico.

Habiendo esterilizado las muestras, se procede de la siguiente forma: se ingresa la muestra al horno a una temperatura de 80 °C por 24 horas (figura 41). Este tiempo se tiene estandarizado para no perder las propiedades del material vegetal, es necesario que llegue a su secado óptimo, esto se puede evaluar pesando la muestra cada 12 hrs, hasta que su peso sea uniforme. Finalizado el secado se procede a la molienda.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 41. Proceso de secado de material foliar de caña de azúcar en el Centro Logístico.

c. Molienda de la muestra foliar seca de caña de azúcar.

Según lo que muestra la figura 42, primero se tritura el material utilizando el vaso pequeño de la licuadora, y para tener partículas más pequeñas se utiliza un molino. El material se fracciona de manera uniforme hasta procesar toda la muestra.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 42. Proceso de molienda foliar de caña de azúcar, realizado en el Centro Logístico.

d. Envasado y envío de la muestra material foliar procesada en el Centro Logístico.

Se realiza con el peso requerido para la muestra vegetal y luego se envía al laboratorio. En la figura 43 muestra un ejemplo de la muestra que se envía al laboratorio para su respectivo análisis y una contra-muestra que se queda almacenada en el Centro Logístico.



(A)

(B)

Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 43. (A) Envasado de las muestras que serán enviadas a Estados Unidos, (B) contra muestra.

C. Análisis de suelos

El análisis de suelo consiste en la determinación de micro y macro nutrientes disponibles en el suelo con fines agronómicos. Las muestras recibidas en el Centro Logístico deben pasar por los siguientes procedimientos:

a. Identificación de la muestra del suelo que ingresa al Centro Logístico.

Para el ingreso de muestras de suelo al Centro Logístico se realiza la identificación respectiva. Tal como se muestra en la figura 44, el material se coloca en una bolsa de papel kraft, identificándolo con el nombre de la empresa, finca o número de lote, profundidad del suelo recolectada y fecha de muestreo.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 44. Recepción e identificación de muestras de suelo en el Centro Logístico.

b. Equipo y trajes de seguridad para procesar el material suelo

Como medidas de seguridad, antes de comenzar el procesamiento del suelo es necesario, contar con traje y equipo adecuado para cuidar la integridad física del recepcionista. La figura 45 muestra el traje blanco utilizado para recibir y procesar las muestras, evitando la exposición directa al polvo, así mismo el uso de lentes, mascarilla y guantes para proteger los ojos, boca, nariz y manos.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 45. Traje de seguridad para procesar la muestra de suelo en el Centro Logístico.

c. Secado de la muestra de suelo en la extensión del Centro Logístico

El secado consiste en quitar el excedente de agua en las partículas de suelo y hacer eficiente el análisis para fines agronómicos. La figura 46 muestra el ingreso del material al horno industrial (a una temperatura de 50 °C) hasta que la muestra llegue a su peso seco constante.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 46. Secado de suelos en el horno industrial a una temperatura de 50 °C ubicado en el Centro Logístico.

d. Molienda, tamizado y cuarteado (Reducción y uniformidad del tamaño de los agregados)

La molienda del suelo es un proceso que consiste en fraccionar las partículas de mayor tamaño del suelo, hasta hacerlas más finas y manejables, que puedan evaluarse correctamente. Se disgrega un crisol con un mortero o se pasa por un disgregador mecánico (conocido como molino), se pasa por un tamiz para partículas menores a 2 mm, por último se pasa por un cuarteado para homogenizar la muestra. La figura 47 muestra el molino y los materiales necesarios para realizar este procesamiento.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 47. (A) Molino de para suelos franco-arcillosos y (B) tamiz y recipiente de metal inoxidable.

e. Empaque y envío de las muestras al laboratorio A.G.Q.

Habiendo procesado las muestras de suelo, se procede a empacarlas en recipientes que no guarden humedad para evitar dañarla.

f. Determinación de la textura de los suelos en el Centro Logístico.

Para realizar el análisis de textura de suelos se utiliza el método de Bouyoucus, se pesan 50 gramos de suelo seco, cada muestra pasa por el vaso de dispersión, al cual se agrega agua destilada hasta que llegue a dos tercios del volumen, posteriormente se adiciona el dispersante a 10 ml y se dispersa por cinco minutos con el agitador eléctrico. Después de agitarlo durante 5 minutos, se trasvasa la suspensión de suelo a la probeta de sedimentación. Posteriormente, utilizando un hidrómetro se mide la suspensión de suelo

con agua destilada que se encuentra en la probeta; se agita (con un agitador de metal para dispersar las partículas), seguidamente se comienza a contar los 40 segundos para realizar la lectura del hidrómetro, después de 2 horas se realiza la segunda y tercera lectura.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 48. Probetas y el agitador eléctrico ubicados en Centro Logístico.

3.3.4 Resultados

Como facilitadora en el manejo de muestras en el Centro Logístico se realizaron las siguientes actividades: procesamiento de muestras de foliares, frutos y suelo, con el fin de agilizar el proceso de envío.

En el cuadro 27 se observan las muestras ingresadas durante el año 2016; la demanda de muestreos depende de la temporada del cultivo, previo a que se realice la fertilización. Para el caso de análisis foliar para el cultivo de la caña de azúcar, se estima mayor demanda para los meses lluviosos (mayo a septiembre), la demanda disminuye cuando es temporada de zafra (de octubre a febrero).

Cuadro 27. Recepción de muestras que ingresan mensualmente en el Centro Logístico para su respectivo análisis nutricional.

No.	Tipo de muestras	Unidad/mes
1	Alimentos	140
2	Foliar	132
3	Fruto	30
4	Suelos	120
5	Soluciones de suelo	120

Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

En el cuadro 27, se identifica que por mes se recibe en promedio un total de 542 muestras, de estas el 26 % corresponde a alimentos (140), foliar 22 %, Suelos así como soluciones de suelo le corresponde a cada uno 22 % y por ultimo foliares 6 %.

La procedencia de las muestras trabajadas en el laboratorio en el caso de alimentos provienen de empresas que se dedican al procesamiento de galletas, o que exporten alimentos para tener una prueba de que estos están libre de elementos dañinos para el humano ubicadas principalmente en el área metropolitana del país, en el caso de análisis foliares de cultivos de caña de azúcar, banano, café, tabaco y melón, ubicados en área de oriente, altiplano central y sur del país, tanto los suelos y soluciones de suelos provienen de áreas de cultivo de caña de azúcar, banano, café, tabaco y melón; ubicados en área de oriente, altiplano central y sur del país, mientras que los frutos analizados (calabazas, café, melón, banano, aguacate, piña, papaya y plátano) son enviados de cualquier parte del país.

El precio que tienen los diferentes análisis que realiza el laboratorio se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 28. Precio de los análisis nutricionales que realiza el laboratorio Agritec

Análisis de suelos		
Tipo de análisis	Parámetros	Precio c/IVA
Suelo básico	Nitrógeno dumas, fósforo, potasio, pH, C.E., granulometría, sodio disponible, magnesio disponible, calcio disponible, materia orgánica y CIC calculada.	\$ 65.70
Suelo completo	Nitrógeno dumas, fósforo, potasio, pH, C.E., granulometría, sodio disponible, magnesio disponible, calcio disponible, materia orgánica, CIC calculada, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro asimilable y azufre soluble.	\$ 93.25
Suelo avanzado	Nitrógeno dumas, fósforo, potasio, pH, C.E., granulometría, sodio disponible, magnesio disponible, calcio disponible, materia orgánica, CIC calculada, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro asimilable, azufre soluble, pH KCl y bases de cambio (Ca, Mg, Na, K y Al)	\$ 116.87
Suelo mapeo	Nitrógeno dumas, fósforo, potasio, pH, C.E., granulometría, sodio disponible, magnesio disponible, calcio disponible y materia orgánica.	\$ 55.45
Propiedades físicas	Textura, pH, C.E. y densidad aparente	
Análisis de solución de suelo		
Tipo de análisis	Parámetros	Precio c/IVA
Soluciones 1	pH, C.E., fosfato, nitratos, sulfatos, cloruros, amonio, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.	\$ 49.37
Soluciones 2	pH, C.E., fosfato, nitratos, sulfatos, cloruros, amonio, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y aluminio.	\$ 51.31
Soluciones 3	pH, C.E., fosfato, nitratos, sulfatos, cloruros, amonio, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y urea.	\$ 54.24
Soluciones 4	pH, C.E., fosfato, nitratos, sulfatos, cloruros, amonio, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, aluminio y urea.	\$ 56.18
Análisis foliar/fruto		
Tipo de análisis	Parámetros	Precio c/IVA
Foliar mercadeo	Nitrógeno dumas, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, sodio, boro, hierro, manganeso, cobre, zinc y molibdeno.	\$ 41.79
Foliar completo	Nitrógeno dumas, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cloruros , sodio, boro, hierro, manganeso, cobre, zinc y molibdeno.	\$ 53.68

Foliar avanzado	Nitrógeno dumas, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cloruros, sodio, boro, hierro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno y aluminio .	\$ 55.57
Análisis de agua		
Tipo de análisis	Parámetros	Precio c/IVA
Agua de riego	pH, C.E., bicarbonato, nitratos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.	\$ 47.43

Los precios realizados en el laboratorio varían en relación a los parámetros que se quieren obtener de la muestra, tal como se muestra en el cuadro 28 variando entre \$ 41.79 de un análisis foliar mercado hasta \$ 116.87 de un análisis de suelo avanzado.

3.3.5 Conclusiones

1. Para reducir el tiempo en que se realizan los análisis a partir de la recepción de la muestra, se debe elaborar una ficha de identificación por cada operario, esto con el fin de que cada uno de los que reciban las muestras se puedan plantear metas y puedan elaborar los informes por la investigación realizada y los resultados obtenidos.
2. Al apoyar en la realización de los diferentes análisis del Centro Logístico se aprende a conocer el equipo con el que cuentan, así como las deficiencias nutricionales en las muestras evaluadas.

3.3.6 Recomendaciones

1. Para el lavado de las muestras es indispensable que ya no lleven residuos que puedan contaminar y variar el resultado. Debe observarse con toda rigurosidad el procedimiento establecido y utilizar todos los insumos determinados.
2. Para el secado de la muestra: debe observarse el cumplimiento de las normas, especialmente la temperatura de 80 °C y las 24 horas en el horno.

3. Para la molienda de las muestras secas, es determinante que las partículas queden bien finas para que puedan analizarse adecuadamente.

3.4 SERVICIO 2: ACTUALIZACIÓN DE INVENTARIO Y CALIBRACIÓN DE SONDAS DE SUELO Y EQUIPO PARA ESTACIONES METEOREOLÓGICAS.

3.4.1 Presentación

En las empresas es necesario conocer el equipo y maquinaria con que cuentan para realizar todo el proceso, en el Centro Logístico cuentan con estaciones meteorológicas así como sondas de suelo, por lo que es necesario realizar una actualización de inventario sobre todo para identificar el equipo que funciona y que son utilizados en los distintos procesos realizados en el laboratorio.

3.4.2 Objetivos

A. General

Realizar la actualización de inventario así como la calibración de sondas de suelo y equipo para estaciones meteorológicas.

B. Específicos

1. Identificar la cantidad de sondas de succión de suelo que están en condiciones adecuadas para uso.
2. Determinar el número de barrenos y bombas de vacío que estén adecuadas para el uso.

3.4.3 Metodología

Para la calibración de equipo meteorológico se realiza lo siguiente:

A. Calibración de equipo meteorológico.

En la calibración se emplean los sensores y se revisan que estén en condiciones adecuadas para su uso. Así se establece el tiempo de vida útil de los sensores, para ser nuevamente instalados en una estación meteorológica. La calibración se realiza por medio de un prochet, así como se muestra en la figura 49, se evalúa si el sensor está dentro de los rangos esperados.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

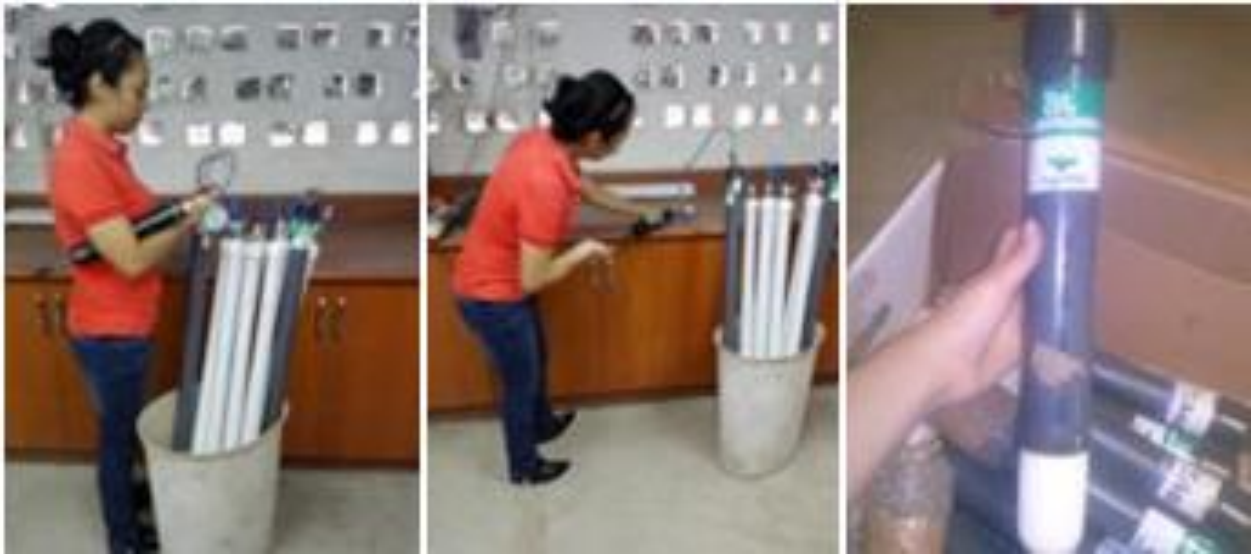
Figura 49. Calibración y almacenamiento de sensores meteorológicos en el Centro Logístico.

B. Procedimiento para calibración de sondas de succión.

Las sondas de succión, se utilizan principalmente para succionar la solución del suelo, establecidas después del muestreo de suelo. Las sondas se instalan en diferentes profundidades del suelo, dependiendo de la magnitud del estudio requerido. Previo a ello se encuentran almacenados y en buena condición para ser utilizados.

Parte del trabajo realizado en el Centro Logístico, fue el acondicionamiento y la calibración de sondas de succión para ser almacenadas e inventariarlas. Para la calibración de la sonda, se necesita determinar si puede generar un vacío y logre succionar la solución.

Para evaluar las sondas se necesitan los siguientes materiales: bomba de succión, manguera de extracción, jeringa plástica, cinta de teflón, y marcador indeleble. Primero se genera el vacío en la sonda y seguidamente se coloca la sonda dentro de un recipiente con agua. Después de verificar que la sonda esté funcionando adecuadamente, se almacena y se deja un registro. Hay sondas de diferentes tamaños para establecerse en diferentes profundidades del suelo (20 cm, 40 cm, 60 cm y 90 cm), esto dependiendo del estudio que se vaya a realizar y los factores que se quieran estimar.



Fuente: Fotografía de estudiante de EPS, 2016

Figura 50. Calibración de sondas de succión antes de establecerla en campo.

3.4.4 Resultados

La actualización del inventario de sondas, se realizó al momento de desinstalar una estación meteorológica y que los equipos van ingresando al Centro Logístico. El cuadro 28 se observa el material revisado y calibrado para identificar si este equipo se puede utilizar.

Cuadro 29. Inventario de sondas de succión nuevas, usadas y dañadas para ser almacenadas en el Centro Logístico, Guatemala.

GUATEMALA	Material	En stock nuevo	En stock usado	Dañado	Robado/ extraviado
	Sonda 10	0	0	0	0
	sonda 20	3	27	4	0
	sonda 40	6	8	1	0
	sonda 60	2	5	4	0
	sonda 90	4	4	1	0
	Total sondas	15	44	10	0
	bombas de vacío	2	10	13	0
	Barrenos	0	3	0	0

Fuente: elaboración propia, 2016

En el cuadro anterior se estimaron un total de 69 unidades de sondas en diferentes estados y profundidades de suelo, disponibles para uso inmediato en stock nuevo y usado; del total el 86 % (59 unidades) corresponde a sondas que están en óptimas condiciones para ser utilizadas mientras que el 14 % restante (10 unidades) se encuentran dañadas. Se estimaron 12 bombas de vacío en buen estado y 3 barrenos disponibles para realizar muestreos de suelo.

En el cuadro 28 ilustra la situación real del equipo según sus condiciones actuales. Además el cuadro orienta acerca de las sondas de succión que puedan usarse en determinado momento, en este caso, se dispondrá con certeza de los números y demás materiales.

3.4.5 Conclusiones

1. Se identificaron 59 sondas de succión de suelo que están en condiciones adecuadas para uso lo que corresponde al 86 %.
2. Se determinaron 3 barrenos (100 %) y 12 bombas de vacío (48 %) que estén buenas condiciones para su uso.

3.4.6 Recomendaciones

1. El éxito de una estación está centrado en el equipo por lo que es necesario realizar una calibración oportuna del equipo y que este sea adecuado.
2. Es indispensable realizar la actualización de inventario de equipo para conocer la cantidad de cada equipo disponible y en buen estado.

3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. DISAGRO, Guatemala. (2016a). *Centro Logístico*. Guatemala.
2. DISAGRO, Guatemala. (2016b). *Diagnóstico de EPS*. (L. Castillo, Entrevistador).