

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE TRES RESÍDUOS AGROINDUSTRIALES
GENERADOS A PARTIR DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE AZÚCAR EN EL
CRECIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), EN SUELOS
MOLISOLES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL INGENIO LA UNIÓN, SANTA LUCÍA
COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

KEVIN WALDEMAR NUFIO MARTÍNEZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE TRES RESÍDUOS AGROINDUSTRIALES
GENERADOS A PARTIR DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE AZÚCAR EN EL
CRECIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), EN SUELOS
MOLISOLES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL INGENIO LA UNIÓN, SANTA LUCÍA
COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

KEVIN WALDEMAR NUFIO MARTÍNEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL II	Ing. Agr. Msc. Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	Bachiller Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL V	Per. Agr. Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, noviembre 2011

Guatemala, noviembre 2011

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: Efecto de la incorporación de tres residuos agroindustriales generados a partir de la industrialización de azúcar en el crecimiento de la caña de azúcar (*saccharum spp.*), en suelos molisoles, diagnóstico y servicios en el Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A., como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

KEVIN WALDEMAR NUFIO MARTÍNEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Nuestro padre celestial por darme la vida, por permitirme alcanzar mis metas, por darme la fortaleza y la sabiduría necesaria para seguir su camino.

MIS PADRES: Waldemar Nufio Reyes y Kary Lorena Martínez de Nufio
Con todo el amor del mundo por siempre permanecer a mi lado incondicionalmente, siendo mis maestros de vida y mis mejores amigos enseñándome siempre el camino correcto a seguir con sus sabios consejos.

MIS HERMANAS: Nandy y Lilian
Por el amor y el apoyo incondicional que me han brindado.

MIS ABUELOS: Carlos Martínez
Marta Pinelo de Martínez
Guillermo Nufio (en paz descanse)
Lucía Reyes vda. de Nufio
Gracias por amarme como solo el amor de abuelos podría hacerlo de manera tan pura e incondicional gracias por ser los mejores abuelos que cualquiera podría pedir.

MIS TIOS: Rocío, Mary, Lilian, Flor, Victoria, Baltazar, Héctor, Guillermo, Roberto y Walter. Gracias por ser parte tan importante de mi vida y por todo su cariño

MIS PRIMOS: Iván, Daniel, Rony, Claudia, Job, Mario, Lucía, Flor, Héctor, José, Amanda, Cris y Catherine, William, Marlon, Zulma gracias por todos los momentos bonitos que pasamos juntos los quiero mucho a todos

MI NOVIA: Lucila María Rodríguez Méndez
Por todo su amor su apoyo y comprensión

MIS AMIGOS: Ariel Turcios, David Mazariegos, Luis Mansilla, Karla López, Aura Son, Marielos Flores, Hugo Gramajo, Santiago Marroquín, Enrique Maldonado y Tracy Vela. Por ser unos grandes amigos en todo momento y los mejores compañeros de estudio que cualquiera podría querer

MIS PROFESORES: Ingenieros: Marco Tulio Aceituno, Marco Vinicio Fernández, Aníbal Sacbaja, Pedro Peláez, Jorge Sandoval, Erick Mota y a todo el claustro de catedráticos, por formarme y transmitirme sus conocimientos de varios años de experiencia.

TRABJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

MIS PROFESORES

MI FAMILIA Y AMIGOS EN GENERAL

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores:

Ing. Agr. Marco Vinicio Fernández

Ing. Agr. Aníbal Sacbaja

Por guiarme en la ejecución del diagnóstico, los servicios brindados, en la investigación y en la elaboración del presente documento.

El Ingenio La Unión por permitirme llevar a cabo el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), así como a los ingenieros que laboran en dicha empresa, en especial al Ing. Agr. Jorge Sandoval por su apoyo incondicional y su gran capacidad para ayudarme y orientarme.

CENGICAÑA, así como a las personas que laboran en esta institución, en especial al Ing. Ovidio Pérez, por su apoyo en la realización de mi trabajo de tesis.

Mis Amigos y a todas las personas que influyeron en forma directa o indirecta en la culminación de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

Página

DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEL INGENIO LA UNIÓN S.A., SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.		1
1.1	Presentación.....	2
1.2	Objetivos	3
	General.....	3
	Específicos.....	3
1.3	Metodología	3
1.3.1	Delimitación del Área de Estudio	3
1.3.2	Recopilación de Información Primaria	3
1.3.3	Recopilación de Información secundaria	4
1.3.4	Análisis FODA	4
1.3.5	Jerarquización de problemas	5
1.3.6	Evaluación de los problemas a tratar.....	6
1.3.7	Análisis de la información	6
1.4	Resultados y Discusión	7
1.4.1	Ubicación.....	7
1.4.2	Estratos de alturas.....	7
1.4.3	Extensión	7
1.4.4	Departamento	7
1.4.5	Organigrama del Departamento de Ingeniería Agrícola	8
1.4.6	Ingeniería Agrícola y su relación con otros departamentos	9
1.4.7	FODA.....	11
1.4.8	Priorización de problemas.....	12
1.4.9	Resultados	13
1.5	Conclusiones.....	14
1.6	Bibliografía	15

Efecto de la incorporación de tres residuos agroindustriales generados a partir de la industrialización de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>), en el crecimiento de la caña en suelos molisoles.	16
2.1	Presentación.....17
2.2	Marco Teórico19
2.2.1	Marco Conceptual19
2.2.2	Marco Referencial24
2.2.3	Antecedentes29
2.3	Objetivos32
2.4	Hipótesis.....33
2.5	Metodología34
2.5.1	Diseño experimental34
2.5.2	Tratamientos a Evaluar34
2.5.3	Descripción de los Tratamientos Evaluados.....35
2.5.4	Obtención de los Materiales37
2.5.5	Preparación de las yemas.....38
2.5.6	Preparación del suelo.....39
2.5.7	Preparación del Experimento.....40
2.5.8	Análisis químico del suelo41
2.5.9	Variables respuesta42
2.5.10	Mantenimiento del Experimento.....44
2.5.11	Cosecha44
2.5.12	Análisis del Experimento44
2.6	Resultados y discusión45
2.6.1	Análisis químico del suelo45
2.6.2	Análisis químico de los Residuos agroindustriales del suelo.....45
2.6.3	Aporte de nutrimentos de los tratamientos evaluados46
2.6.4	Población.....48
2.6.5	Altura de Planta.....51
2.6.6	Tallos Molederos55
2.6.7	Biomasa en peso fresco.....59
2.6.8	Biomasa en Peso Seco62

2.7	CONCLUSIONES	67
2.8	RECOMENDACIONES	68
2.9	BIBLIOGRAFIA.....	69
2.10	ANEXOS	71

Servicios realizados en el Departamento de Ingeniería Agrícola Ingenio la Unión S.A., Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

80

3.1	Presentación.....	81
3.2	Control del nivel freático, realización de mapas temáticos de ISOBATAS, generación de reporte final de Comportamiento del nivel Freático y digitalización de Drenajes de las fincas del Ingenio La Unión	82
3.2.1	Objetivo	82
3.2.2	Metodología	82
3.2.2.4	<i>Procedimiento</i> para toma de datos.....	83
3.2.2.7	<i>Recepción de la información:</i>	86
3.2.3	Resultados	90
3.2.4	Evaluación	91
3.3	Elaboración del Documento de Unidades de Manejo (Microcuencas) para su utilización posterior en el diseño de campo.....	91
3.3.1	Objetivos	91
3.3.2	Metodología	91
3.1.1	Resultados	93
3.3.3	Evaluación	96
3.4	Complementación y modificación de la Base de Datos de SIG para su utilización en el Sistema de Red de Carpetas Compartidas del Área de Campo para la elaboración de mapas temáticos para diferentes departamentos	97
3.4.1	Objetivos	97
3.4.2	Metodología	97
3.4.3	Resultados	99
3.4.4	Evaluación	103

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro1. Definición de la factibilidad y la frecuencia de los problemas y sus soluciones.....	5
Cuadro 2 Equipo de Riegos y Perforación de Pozos y Equipo de Diseño de campo y Drenaje.....	10
Cuadro 3. Análisis FODA del departamento de Ingeniería Agrícola Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	11
Cuadro 4. Matriz de priorización de problemas del departamento de Ingeniería Agrícola Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	12
Cuadro 5. Resultados de Análisis Químico de la Cachaza de la caña de azúcar, Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	20
Cuadro 6. Resultados de Análisis Químico de la ceniza de la caña de azúcar, Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	22
Cuadro 7. Resultados de Análisis Químico de residuos vegetales de la caña de azúcar, Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	23
Cuadro 8. Tratamientos para la evaluación de Residuos Agroindustriales de subproductos de caña de azúcar Finca Belén Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	34
Cuadro 9. Tratamientos equivalentes por hectárea evaluados en ocho (8) unidades experimentales, ubicadas en el Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	35
Cuadro 10. Croquis de campo de la disposición de los tratamientos en las instalaciones del Ingenio La Unión, S.A.	40
Cuadro 11. Análisis químico del suelo utilizado en la investigación ubicada en la Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	45
Cuadro 12. Análisis de los residuos agroindustriales del suelo utilizadas en la investigación ubicada en la Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	46
Cuadro 13. Aporte de Nutrientes, en gramos, de cada componente a los ocho tratamientos evaluados	47
Cuadro 14. Población por tratamiento, para cada repetición y en promedio, obtenidos por conteo en las instalaciones de la Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	48
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable población por planta de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	49
Cuadro 16. Prueba de medias, para la variable población de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	49
Cuadro 17. Altura de planta de caña de azúcar (cm), en promedio, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla	51
Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable altura de planta de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	52

Cuadro 19. Prueba de medias de para la variable altura de planta de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	53
Cuadro 20. Número de tallos molederos de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	55
Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable número de tallos molederos de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	56
Cuadro 22. Prueba de medias, para la variable número de tallos molederos de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	57
Cuadro 23. Biomasa en peso fresco (gramos) de caña de azúcar, Ingenio La Unión, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	59
Cuadro 24. Análisis de varianza para biomasa en peso fresco de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	60
Cuadro 25. Prueba de medias, para la variable biomasa en peso fresco de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	60
Cuadro 26. Biomasa en peso seco (gramos) de caña de azúcar. Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	63
Cuadro 27 Análisis de varianza para Biomasa en peso seco de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	64
Cuadro 28. Prueba de medias, para la variable Biomasa en peso seco de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	64
Cuadro29. Ejemplo de control de informacion recibida de las fincas para la elaboracion de mapas de nivel freatico	86
Cuadro 30. Identificación de los pozos y lectura de los mismos en la elaboración de mapas temáticos de control de nivel freático	87
Cuadro31. Información extraída del mapa de la Finca Santa Ricarda Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa Escuintla para la evaluación del nivel freático	88
Cuadro 32. Área de pantes y secciones de mapas de Unidades de Manejo (Microcuencas) para la zafra 2010-2011 Finca MArinala, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura1. Organización del departamento de Ingeniería Agrícola.....	8
Figura 2: Departamentos De Campo.....	9
Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de la Finca Belén, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	26
Figura 4. Población de caña de azúcar por tratamiento, obtenidos por conteo, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	50
Figura 5. Altura de Planta de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	54
Figura 6. Número de tallos molederos de caña de azúcar, Ingenio La Unión, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	58
Figura 7. Biomasa en peso fresco de caña de azúcar, por tratamiento, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	62
Figura 8. Biomasa en peso seco de caña de azúcar, por tratamiento, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	66
Figura 1A. Preparación del suelo para los tratamientos del experimento, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	72
Figura 2A. Secado de suelo al aire, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	72
Figura 3A. Recolección de yemas para siembra, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	73
Figura 4A. Yemas recolectadas, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	73
Figura 5A. Toma de peso de las unidades experimentales, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	74
Figura 6A Llenado de las unidades experimentales, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	74
Figura 7A. Disposición de los tratamientos a los 6 meses, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	75
Figura 8A. Comparación de los tratamientos a los 9 meses, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	75
Figura 9A. Hijos de tratamiento 3 a los 6 meses de disposición, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	76
Figura 10A. Cosecha y preparación de los tratamientos para toma de peso fresco, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	77
Figura 11A. Toma de peso fresco, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	77

Figura 12A. Tratamientos secándose al aire, Herbario, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.....	78
Figura 13A. Tratamientos secándose al aire, Herbario, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.....	78
Figura 14A. Tratamientos secándose en horno de secado lento, Herbario, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala	79
Figura. 9 Esquema de toma de datos de nivel freático para las actividades de campo en las fincas del Ingenio la Unión	84
Figura 10. Ejemplo de hoja de tabulacion de datos para la elaboracion de los mapas temáticos de control de nivel freático	85
Figura 11. Gráfica presentada en el informe final de evaluacion de nivel freático de la finca Santa Ricarda, Ingenio la Unión SantaLucía Cotzumalguapa Escuintla.....	89
Figura 12. Mapa de Isobatas para el control del nivel freático en la finca La Confianza, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	90
Figura 13. Carátula del documento de Unidades de manejo(Microcuencas) para la zafra 2010-2011 Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	93
Figura 14. Mapa del documento de Unidades de manejo (Microcuencas) para la zafra 2010-2011 Finca MArinala, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	94
Figura 15. Carátula del documento de Mapas de Grupos de Manejo para la zafra 2010-2011 Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	99
Figura 16. Mapas de Grupos de Manejo para la zafra 2010-2011 Finca Belén, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	100
Figura 17. Carátula del documento de Mapas de Nichos de Variedades para la zafra 2010-2011 Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	101
Figura 18. Mapas de Nichos de Variedades para la zafra 2010-2011 Finca Belén, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	102

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE TRES RESÍDUOS AGROINDUSTRIALES
GENERADOS A PARTIR DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE AZÚCAR EN EL
CRECIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), EN SUELOS
MOLISOLES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL INGENIO LA UNIÓN, SANTA LUCÍA
COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consta de tres partes: el diagnóstico, la investigación y los servicios, mismas que se desarrollaron, durante el período agosto 2010 a junio 2011, en las instalaciones y áreas de cultivo del ingenio La Unión, ubicado en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, del departamento de Escuintla.

El diagnóstico se centró en los sistemas de riego, el funcionamiento de las bordas en el Río Coyolate, el monitoreo de los niveles freáticos de los pozos y en los productos que se obtienen con el uso de la cartografía digital; actividades que se planifican y se desarrollan bajo la responsabilidad del departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio. Para su realización se usó la técnica FODA y se jerarquizó su importancia a través de una matriz de priorización de problemas que se presentan en el documento correspondiente.

La investigación se realizó, tomando en consideración la importancia de la incorporación al suelo de los subproductos residuales de la industrialización de la caña de azúcar, tales como: cachaza, ceniza y residuos vegetales. Una cantidad aproximada de 1,100 toneladas se producen en los períodos anuales de zafra, cuya acumulación reduce el área útil de cultivo y tiene un impacto ambiental negativo.

Actualmente estos subproductos se incorporan al suelo en cantidades estandarizadas por hectárea, sin hacer diferenciación del efecto que cada uno tiene en el suelo y en el crecimiento de la caña de azúcar. En esta investigación se evaluó el efecto de la incorporación al suelo de estos subproductos en biomasa, altura de entrenudos y número de tallos molederos. Para tal efecto se realizó un experimento al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones.

Con base en los resultados obtenidos se recomienda la utilización de una mezcla que contenga 349.5 toneladas métricas de cachaza, 150 toneladas de ceniza y 100.5 toneladas métricas de residuos vegetales, por hectárea, equivalente a una proporción 3.5/1.5/1; es decir, que por cada unidad de peso de residuos vegetales incorporada, se agregue 1.5 unidades de ceniza y 3.5 unidades de cachaza.

Los servicios se realizaron en el área de Ingeniería Agrícola y se basaron en la generación de información importante: mapas de isobatas, útiles en el monitoreo de control de nivel freático en las fincas que tienen instalados pozos de observación; mapas temáticos, compilados en un documento de Unidades de Manejo (Microcuencas), utilizado para el diseño de campo de pantes y drenes; mapas temáticos, compilados en un documento de grupos de similar manejo, utilizado para uniformizar el manejo de los pantes; mapas de nichos de variedades, útil en la planificación de la variedad de caña a plantar. Así mismo, se complementó la base de datos, que contiene la información necesaria para la elaboración de mapas temáticos y capas de información cartográfica, útiles en la planificación de todas las actividades de campo.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO

**DIAGNOSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEL INGENIO
LA UNIÓN S.A., SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.**

1.1 Presentación

En la actualidad Guatemala cuenta con una producción de 2,1 millones de toneladas métricas al año para lo cual utiliza unas 194.000 hectáreas. Según datos de la Asociación de Azucareros de Guatemala (Azasgua), la industria del azúcar en Guatemala genera 60.000 empleos directos y 300.000 indirectos, y alrededor del 13 por ciento del total de las exportaciones por lo tanto, es una de las actividades con mayor avance tanto social como tecnológico poseyendo así el quinto lugar a nivel mundial en la exportación de caña de azúcar

En Guatemala la producción de la Caña de azúcar cobra una gran importancia debido al impacto social y económico que causa debido a la generación de empleo tanto como a las ganancias generadas ayudan a mantener la economía guatemalteca a un nivel aceptable por lo que hay que presentar el cuidado necesario al momento de trabajar con la caña de azúcar para que esta pueda generara la mayor cantidad de beneficio (5)

Las necesidades que presenta la caña de azúcar están representadas en factores varios como: horas luz, clima, riego, tipo de manejo, etc. Los cuales son de importancia cuidar para el desarrollo completo de la caña de azúcar. En su mayoría los factores que afectan el crecimiento de la caña no pueden ser modificados por el hombre pero, en el caso de riego y tipo de manejo son actividades que se llevan a cabo en el departamento de Ingeniería Agrícola. (5)

Este documento es resultante del diagnostico realizado sobre el departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio la Unión en el cual se le da énfasis a los sistemas de riegos, a las bordas en el Rio Coyolate, monitoreo de pozos de nivel freático y trabajos relacionados en cartografía digital.

1.2 Objetivos

General

- Realizar el diagnostico del departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio la Unión S.A.

Específicos

- Detectar los problemas del departamento de Ingeniería Agrícola.
- Analizar el equipo con el que se cuenta en el departamento
- Jerarquizar los problemas encontrados.
- Identificar al personal capacitado

1.3 Metodología

1.3.1 Delimitación del Área de Estudio

El área de trabajo que se decidió trabajar es el departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio la Unión el cual trabaja con las cuatro diferentes zonas de producción de caña de azúcar, las cuales administran las diferentes fincas y se apoyan en dicho departamento para las actividades de riegos, drenajes, bordas y elaboración de mapas y planos.

Así también el departamento cuenta con maquinaria utilizada para realizar el trabajo entre las cuales se encuentran las bombas de riego y abastecimiento, excavadoras, los tractores de oruga, estaciones totales, niveles de precisión, manómetros Sistemas de Posicionamiento Global y plotter entre otras.

1.3.2 Recopilación de Información Primaria

La información primaria que se recabo se obtuvo de:

- Conocimiento de las cuatro zonas de producción agrícola en las cuales el departamento de Ingeniería agrícola desempeña sus actividades diarias
- Sondeo a los integrantes de ingeniería agrícola:

- Principales problemas a resolver
- Insumos de trabajo
- Manejo de la información

1.3.3 Recopilación de Información secundaria

Revisión bibliográfica de tesis posteriormente trabajadas del área de Ingeniería agrícola del Ingenio la Unión S.A.

Información escrita en el departamento de Ingeniería Agrícola

Información obtenida de internet en la página principal del Ingenio la Unión S.A.

1.3.4 Análisis FODA

El análisis FODA es una de las herramientas esenciales que provee de los insumos necesarios al proceso de planeación estratégica proporcionando la información necesaria para la implantación de acciones y medidas correctivas además de nuevos y mejores proyectos. El análisis FODA nos permite determinar las Fortalezas Debilidades Oportunidades y amenazas

Dicho análisis fue realizado a partir de sondeos realizados a los jefes de sub departamento y al jefe de departamento en Ingeniería Agrícola en el cual la matriz es alimentada según la percepción de los jefes mencionados anteriormente. Esta matriz permite observar más fácilmente los problemas que existen y nos ayuda a jerarquizar problemas debido a que todos estos están entrelazados en el FODA por lo tanto el análisis que se da es general del departamento y no específico como en una matriz de priorización

1.3.5 Jerarquización de problemas

1.3.5.1 Matriz de priorización de Problemas

La herramienta utilizada para priorizar los problemas que se encuentran en el departamento de Ingeniería Agrícola es la Matriz de priorización de problemas la cual es utilizada para clasificar problemas que en particular están afectando en los procesos llevados a cabo en el departamento. Esta matriz es de suma importancia debido a que existen problemas los cuales son más urgentes de tratar debido a los daños que causan esto, se realiza con un criterio de punteo que se le asigna a cada aspecto del problema Frecuencia y factibilidad para evaluar la importancia a partir de un total siempre y cuando tomando el criterio de las personas que trabajan en el departamento

La matriz es alimentada con la información que se obtuvo de la información primaria y secundaria que fue recabada previamente con la intención de detectar los problemas más rápidamente

La Priorización se obtiene de la evaluación en la matriz a partir de la frecuencia (es la cantidad o el tiempo repetitivo en el cual sucede la acción, esta puede ser muchas veces en poco tiempo o que ocurra de manera continua en tiempo prolongado) y la factibilidad (es la posibilidad que se tiene de realizar el servicio destinado a resolver la problemática en el tiempo que se tiene para la realización de EPS y si se tiene la posibilidad económica de realizar esta actividad) las cuales son evaluadas de 1 a 50 según su importancia, la sumatoria de las anteriores da como resultado la importancia total del problema el cual es evaluado de la siguiente manera

Cuadro1. Definición de la factibilidad y la frecuencia de los problemas y sus soluciones

Importancia	Sumatoria de Factibilidad y Frecuencia
1	0 a 50
2	50 a 80
3	80 a 100

1.3.6 Evaluación de los problemas a tratar

La evaluación de estos problemas se llevan a cabo a través de los criterios de los jefes de departamento de Ingeniería el Jefe del departamento de riegos y el jefe del departamento de Bordas y drenajes

Se realizó el diagnóstico a partir de las necesidades que presenta cada uno de los jefes de áreas del departamento de ingeniería agrícola por lo tanto se procedió a evaluar cada uno con la respectiva matriz de priorización

1.3.7 Análisis de la información

Se integró toda la información obtenida, relacionando la Información primaria con la Información secundaria por medio de las cuales conocimos la estructura organizativa del área de campo y del departamento de Ingeniería Agrícola, así como la situación actual del equipo utilizado por el departamento de Ingeniería Agrícola, en donde se confirmaron algunos problemas detectados en las entrevistas, consultas y visitas realizadas en las zonas de producción

1.4 Resultados y Discusión

1.4.1 Ubicación

El Ingenio La unión se ubica en las coordenadas 14°16'18.17" latitud Norte y 91°05'50.17" longitud Oeste, a una altura de 150 msnm localizado en Finca Belén, kilómetro 112 de la ruta que conduce a la aldea Cerro Colorado al sur-oeste de la ciudad capital, en el Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, del Departamento de Escuintla (1)

1.4.2 Estratos de alturas

Según Aquino la finca Belén en donde se encuentra ubicado el departamento de Ingeniería Agrícola está localizada en el estrato altitudinal medio, en donde la altitud es de 150 metros sobre el nivel del mar. (1)

1.4.3 Extensión

El Ingenio La Unión cuenta con un área total de 20,367.72 Ha sembradas con caña de azúcar dividido en 45 fincas que a su vez están ordenadas dentro de las 4 zonas de producción (1)

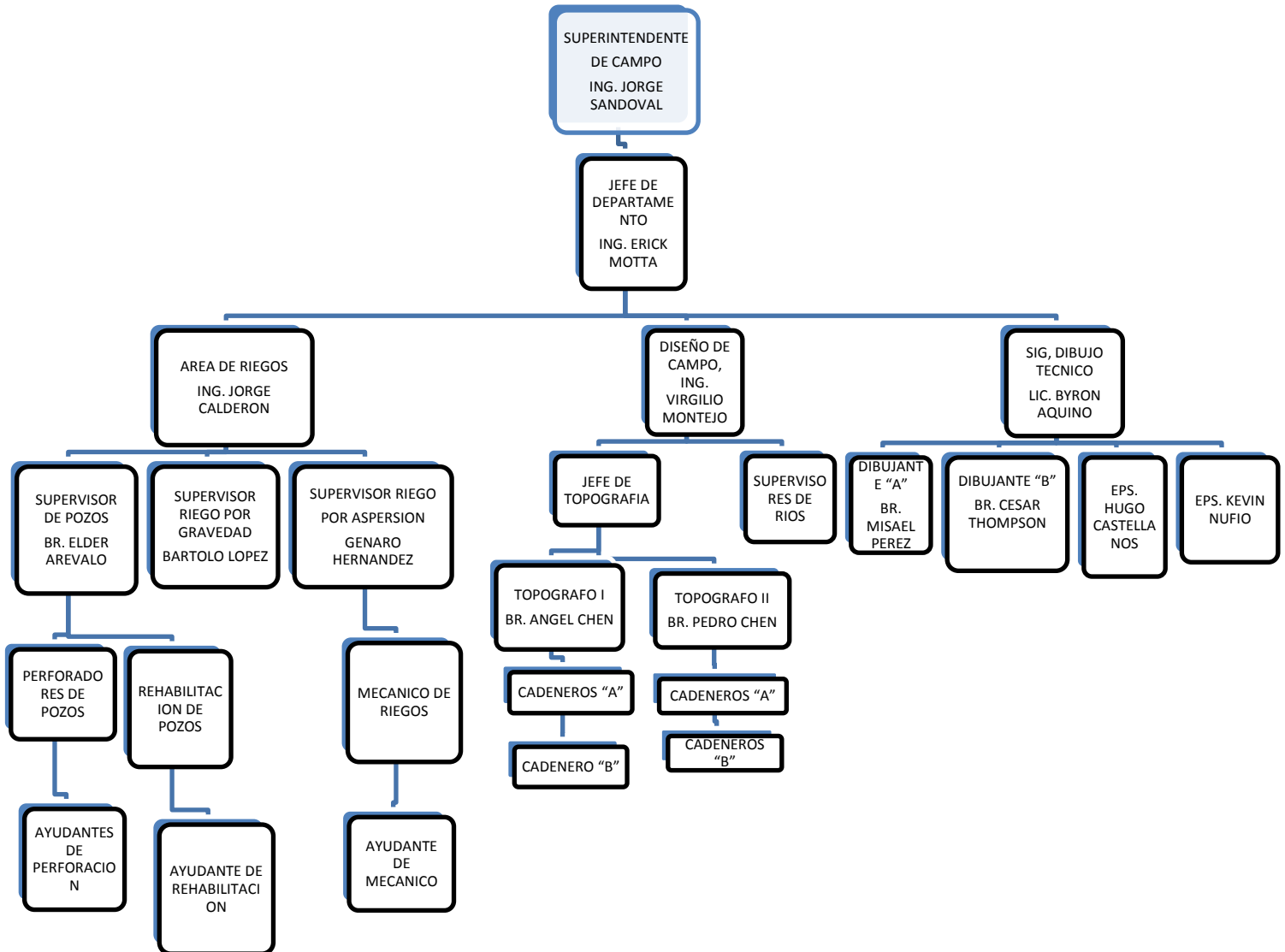
1.4.4 Departamento

El departamento se caracteriza por su compromiso en la aplicación de técnicas modernas que ayudan a la conservación del ambiente, bajo el Sistema de Gestión Ambiental. Sus actividades son: (5)

- Manejo del agua: implementando equipo tecnológico para monitorear constantemente los afluentes y re circular las aguas industriales (2)
- Realización de Drenajes (4)
- Realización de bordas para evitar las inundaciones (2)
- Implementación de sistemas de riego modernizado (4)

1.4.5 Organigrama del Departamento de Ingeniería Agrícola

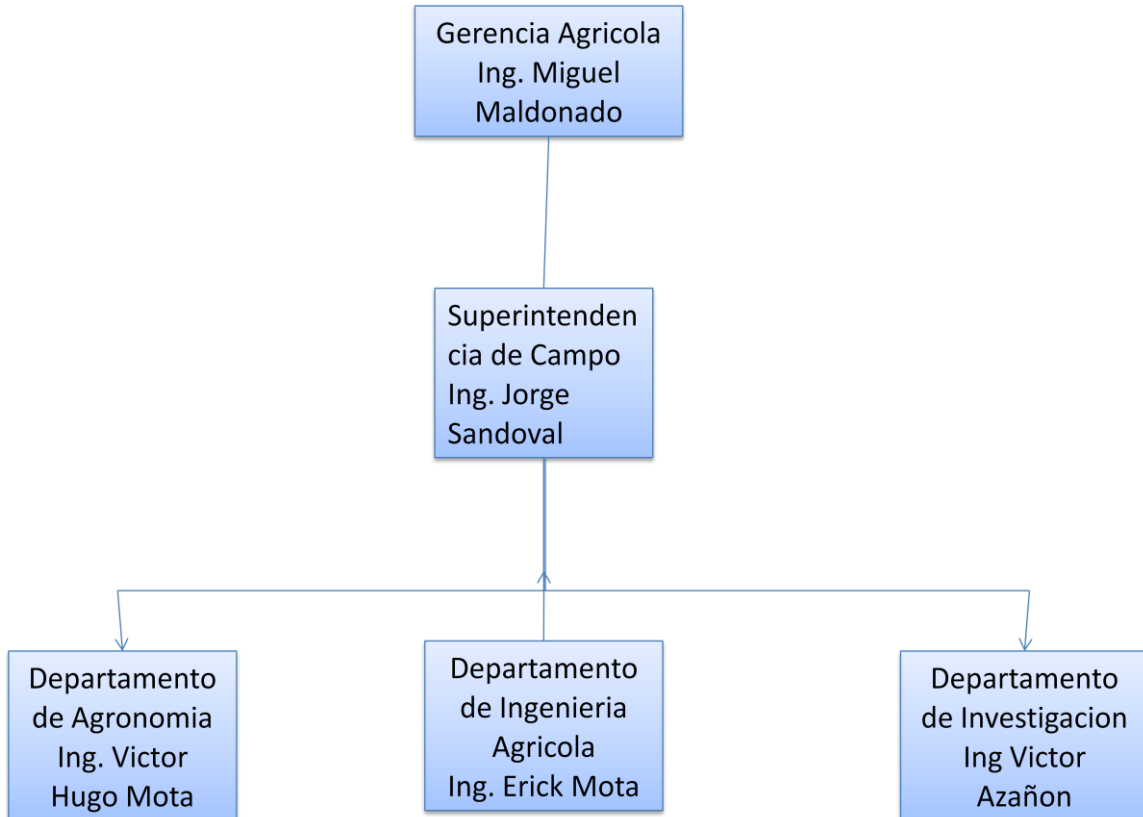
Figura1. Organización del departamento de Ingeniería Agrícola



(5)

1.4.6 Ingeniería Agrícola y su relación con otros departamentos

Figura 2: Departamentos De Campo



Cuadro 2 Equipo de Riegos y Perforación de Pozos y Equipo de Diseño de campo y Drenaje

Nombre del equipo	Cantidad de equipo disponible	Estado del Equipo	
		Buen estado	Mal estado o Reparación
Motobombas de 400 GPM	17	13	5
Motobombas de 800 GPM	70	61	9
Motobombas de 1200 GPM	20	17	3
Avances Frontales	10	9	1
Pivotes	8	5	5
Travel	4	3	1
Tractores de Banda	2	2	0
Excavadoras	5	3	2
Estaciones totales	2	1	1
Niveles	2	1	1
GPS	1	1	0
Plotter	1	1	0
Computadoras de 1 gigabyte de Ram	2	2	0
Computadoras de 2 gygabytes de ram con autocad	2	1	1
Computadoras de 2 gygabytes de Ram con Autocad y SIG	2	2	0
Teodolito	1	0	1
Trípodes	3	2	1
Estadías	2	2	0
Plomadas	6	6	0
Machetes	8	8	0
Cintas Métricas	4	0	4

(3)

1.4.7 FODA

Cuadro 3. Análisis FODA del departamento de Ingeniería Agrícola Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

	Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Departamento de Ingeniería Agrícola Ingenio La Unión S.A.	El departamento cuenta con gente preparada y especializada para los trabajos que se llevan a cabo	La producción de caña de azúcar puede generar muchas fuentes de trabajo	Falta de supervisores en campo para las actividades de construcción, mantenimiento y turnos de observación de ríos y bordas	Inundaciones por desbordamiento del río Coyolate
	El departamento está bien distribuido en las tareas que cada supervisor desempeña	El diseño de campo permite muchas mejoras a la producción de caña	Falta de manejo de información Falta de programas para el manejo de la información	Perdida de información recabada en pozos de observación por lluvias prolongadas
	Cuentan con una planilla que solventa las necesidades de los trabajadores de la empresa		Falta de apoyo económico para la implementación de programas y para la compra de equipo necesario para realizar las actividades	Enfermedades que afectan la caña por efecto de el exceso de humedad

El análisis FODA permite visualizar a grandes rasgos los problemas que se encuentran en el departamento así ayudando a realizar la priorización de problemas obtenidos de las fortalezas y las debilidades con las que cuenta el departamento

1.4.8 Priorización de problemas

1.4.8.1 Matriz de Priorización

Cuadro 4. Matriz de priorización de problemas del departamento de Ingeniería Agrícola Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Problemas	Frecuencia	Factibilidad	Total	Importancia
Registro del equipo de riegos que se utiliza en el taller ubicado en la Finca Tehuantepec	45	45	90	3
Diseño de sistemas de riego en las fincas del Ingenio la Unión	40	40	80	3
Organización de Campo	40	45	85	3
Material de Topografía desactualizado	30	10	40	1
Inundaciones en los pantes	45	25	70	2

1.4.9 Resultados

1.4.9.1 *Problemas a resolver*

La matriz de problema da como resultado un nivel de importancia mayor para los primeros tres problemas debido a que la frecuencia con la que suceden es bastante alta y existe una alta factibilidad de poder llevar a cabo los proyectos que ayuden a resolver la problemática encontrada

En cuanto al registro de datos se refiere a que no existe un programa que sirva para llevar a cabo el inventario de las partes de sistemas de riegos que se arreglan en el taller

El diseño de sistemas de riego es necesario para la agilización de todos los procesos que se dan en zafra debido a la alta necesidad de consumo de agua de algunos pantes que se necesitan regar

La organización de campo se refiere a todas las actividades que necesiten gente calificada para realizar el trabajo así como el monitoreo de algunos trabajos de campo

Los instrumentos de topografía necesitan mantenimiento y algún reemplazo mas sin embargo no se cuenta con el apoyo económico para gestionar la compra de equipo nuevo

Las inundaciones son un factor que inciden directamente en la ganancia de la producción azucarera pero debido a falta de transporte para su supervisión no se puede realizar este servicio

1.5 Conclusiones

- Se realizó el diagnóstico del Departamento de Ingeniería Agrícola tomando en cuenta todos los criterios necesarios este diagnóstico será utilizado para comprender las partes débiles del departamento y para realizar los servicios que se extraen de las necesidades del departamento y de la empresa
- Se detectaron 5 problemas principales en el departamento a través de las técnicas de FODA y los sondeos que se realizaron en el departamento
- Se jerarquizó la importancia de los problemas encontrados utilizando la metodología de Matriz de Priorización de problemas en la cual se evaluó la factibilidad de resolver el problema y la frecuencia con la que ocurren estos problemas en el departamento para saber si los problemas cumplen con la prioridad de ser resueltos en este caso tres de los problemas cumplen prioridad máxima
- Se realizó un organigrama del departamento y de la gerencia agrícola de campo para observar cómo está compuesto el departamento y cómo se relaciona con los demás departamentos del Ingenio

1.6 Bibliografía

1. Aquino, B. 2010. Fincas estratos altitudinales elaboración de mapas y área total de caña cosechada (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Ingeniería Agrícola.
2. Calderón, J. 2010. Aspectos generales de Sistemas de Riego (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Ingeniería Agrícola.
3. Ingenio La Unión, GT. 2010. Productos–División Agrícola (en línea). Guatemala. Consultado 20 Ago. 2010. Disponible en <http://www.launion.com.gt/ubicacion.html>
4. Montejo, VB. 2010. Aspectos generales de control de inundaciones, en el drenaje y diseño de campo (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Ingeniería Agrícola.
5. Motta, EL. 2010. Aspectos generales del Departamento de Ingeniería Agrícola (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión.

CAPITULO II

INVESTIGACION

Efecto de la incorporación de tres residuos agroindustriales generados a partir de la industrialización de azúcar (*Saccharum spp.*), en el crecimiento de la caña en suelos molisoles.

Effect of the addition of three agroindustrial waste generated from the industrialization of sugar in the growth of sugar cane (*Saccharum spp.*), in mollisol soils.

2.1 Presentación

En Guatemala, durante la zafra 2008-2009, se registró un área de 230,000 hectáreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*). El 74.1% de esta área se ubica en el departamento de Escuintla, en la costa sur del país, con altitudes de 0 a 800 msnm. (1)

El área de cultivo de caña de azúcar del ingenio La Unión, S.A. es de 20,187.03 hectáreas. De las 47 fincas que lo integran, la Finca Belén, donde se realizó el presente estudio, tiene un área dedicada al cultivo de caña de azúcar de 409.92 hectáreas. (1)

En los últimos años la reutilización de los subproductos residuales como la cachaza, ceniza y la basura (residuo vegetal) ha tomado auge debido a la gran cantidad que se producen en los períodos anuales de zafra. Considerando que estos subproductos tienen impacto en las propiedades físicas y químicas del suelo, el personal técnico del Ingenio la Unión ha recurrido a la incorporación de estos residuos al suelo. Con esta medida, además de disminuir el impacto ambiental que conlleva la acumulación al aire libre de 1,143 toneladas por día de estos subproductos, se logra aumentar el área de cultivo y los niveles de producción de la Caña de azúcar. (4)

Actualmente estos subproductos se incorporan al suelo en cantidades estandarizadas por hectárea, sin hacer diferenciación del efecto que cada uno tiene en el suelo y en el crecimiento de la caña de azúcar. En esta investigación se evaluó la incorporación al suelo de 3 subproductos: cachaza, ceniza y residuos vegetales, realizando un experimento al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables respuesta de esta investigación fueron: biomasa en peso húmedo y seco, altura de entrenudos, brotes, número de tallos molederos. (4)

Existen pocas formas de reutilizar los subproductos generados en la industria cañera y es, prácticamente, imposible darle seguimiento a los proyectos de venta de los subproductos, debido a la baja demanda que estos tienen. Algunos de estos subproductos son dañinos para el ambiente; por lo tanto, si no se utilizan de manera que regresen a los cultivos, estos se desperdician, generan pérdidas económicas y ocasionan una pérdida de espacio muypreciado, en el cual se podría producir más caña de azúcar. Consecuentemente, el no uso de estos subproductos causa un gran impacto en la generación de ingresos en la industria cañera, debido al área de cultivo que se pierde al no poder sembrar en los lugares donde se depositan estos subproductos.

Con la realización de esta investigación se planteó resolver las siguientes cuestiones: Qué efecto tiene la incorporación de estos subproductos, al suelo, en la altura de la planta, en biomasa producida y en el número de brotes con tallos molederos, para aumentar la producción de caña de azúcar.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Marco Conceptual

2.2.1.1 *Materia Orgánica*

La materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agropecuaria. Los suelos sin materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas. (2)

Cualquier residuo vegetal o animal es materia orgánica, y su descomposición lo transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de plantas. La materia orgánica bruta es descompuesta por microorganismos y transformada en materia adecuada para el crecimiento de las plantas y que se conoce como humus. El humus es un estado de descomposición de la materia orgánica, o sea, es materia orgánica no totalmente descompuesta. (2)

Tiene esencialmente las siguientes características:

Es insoluble en agua y evita el lavado de los suelos y la pérdida de nutrientes.

Tiene una alta capacidad de absorción y retención de agua. Absorbe varias veces su propio peso en agua y la retiene, evitando la desecación del suelo.

Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Los suaviza; permite una aireación adecuada; aumenta la porosidad y la infiltración de agua, entre otros. Es una fuente importante de nutrientes, a través de los procesos de descomposición con la participación de bacterias y hongos, especialmente. Absorbe nutrientes disponibles, los fija y los pone a disposición de las plantas. Fija especialmente nitrógeno (NO_3 , NH_4), fósforo (P_04) calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) y otros. Mantiene la vida de los organismos del suelo, esenciales para los procesos de renovación del recurso. (2)

A) Cachaza

La cachaza es un derivado del aprovechamiento industrial de la caña de azúcar (*Sacharum spp.*), considerada como la planta que más perfeccionado tiene los mecanismos para la producción de sacarosa y su eficiencia de asimilación de fotosíntesis y capacidad de producir masa verde compuesta por azúcares, almidones, proteína y

elementos lignocelulósicos, todos ellos materias primas según el Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar. (12)

Estudios demuestran la influencia de la cachaza como abono orgánico en los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar, especialmente en los primeros 20 centímetros del suelo, afirma Cairo, Lamas, Goya, Garcia, y Agular. Pina, Blanco, y Martin, mencionan que la cachaza favorece las propiedades químicas, físicas y fisico-químicas del suelo, también resaltan sobre el buen aprovechamiento que realiza la planta del fósforo. (11)

a) Composición Química de la Cachaza

La relación Carbono-Nitrógeno que presenta la Cachaza es alta, de acuerdo a los resultados del análisis químico foliar, que se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 5. Resultados de Análisis Químico de la Cachaza de la caña de azúcar, Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Residuo Agroindustrial	N	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	Mn	pH	% Humedad
	%					Ppm					
Cachaza	1.25	1.75	0.21	0.20	2.51	66.89	132.79	3030.15	225.64	7.10	74.87

Fuente: Laboratorio Agronómico, de CENGICAÑA 2007

b) Tipo de Cosecha

El incremento en la mecanización aumenta la materia extraña que entra en la fábrica, y por lo tanto, incrementa el contenido de cenizas, materia orgánica y otros sedimentos que hacen variar la composición de la cachaza. (7)

c) Uso de la Cachaza

La utilización más difundida es como fertilizante orgánico, por la gran cantidad de nutrientes que posee, entre estos se encuentra; el nitrógeno, fósforo y calcio que se aportan al suelo. (7)

d) Influencia de la Cachaza al suelo

En ensayos realizados por el centro de Investigación de la caña de azúcar de Colombia (CENICAÑA), se encontró que la cachaza afectó algunas propiedades químicas de los suelos. Aumentaron ligeramente el pH, los contenidos de materia orgánica y de potasio intercambiable, pero el efecto más importante ocurrió con el fósforo disponible, ya que un mes después de la aplicación los contenidos de este nutrimento en algunos suelos, que inicialmente eran bajos, alcanzaron valores muy altos. (5)

Según Donelan, hay mejoramientos físicos del suelo, tales como:

- Al mezclar cachaza con suelos de textura franco arenosa, se mejora la capacidad de retención de agua.
- Se reduce la compactación debido a las propiedades físicas de la cachaza.
- La cachaza proporciona una mayor resistencia a la formación de una capa sobre la superficie del suelo, la cual es a menudo causada por el impacto de las gotas de lluvia o de los aspersores del sistema de riego. Dicha costra reduce la entrada de aire y agua por la superficie de suelo. (6)

B) Ceniza

La ceniza se obtiene de la quema del bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), en la cogeneración de energía eléctrica. Previo a 2003 la ceniza no se capturaba y causando la contaminación en el ambiente, dejando los residuos en áreas marginales del Ingenio La Unión. (10)

El aprovechamiento de este residuo en los suelos pobres en potasio es necesario, debido al alto contenido de nutriente en la ceniza, captada en las trampas de humedad de las chimeneas. (5)

a) Composición Química de la Ceniza

Los análisis de laboratorio demuestran que los valores de humedad y de pH en la ceniza son altos relacionados con la cachaza y los residuos vegetales.

Cuadro 6. Resultados de Análisis Químico de la ceniza de la caña de azúcar, Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Residuo Agroindustrial	N	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	Mn	pH	% Humedad
	%					Ppm					
Ceniza	0.15	0.18	0.15	0.65	0.30	35.50	24.00	1595.00	82.50	9.19	85.14

Fuente: Laboratorio Agronómico, de CENGICANA.2007

C) Residuos Vegetales

a) Descripción General

Los residuos vegetales de la caña de azúcar, se obtienen del proceso del lavado en seco. Este es un proceso que consiste desde la colocación de la caña de azúcar en la mesa, pasando por un eje giratorio. (4)

b) Composición Química de los Residuos Vegetales

Los análisis de laboratorio nos dan a conocer los parámetros químicos de la ceniza

Cuadro 7. Resultados de Análisis Químico de residuos vegetales de la caña de azúcar, Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Residuo Agroindustrial	N	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	Mn	pH	% Humedad
	%					Ppm					
Residuos Vegetales	0.44	0.10	0.15	0.82	0.10	7.38	9.84	1124.34	108.20	6.10	36.47

Fuente: Laboratorio Agronómico, de CENGICANA (2007).

D) pH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas sustancias.

Desde entonces, el término "pH" se ha utilizado universalmente por lo práctico que resulta para evitar el manejo de cifras largas y complejas. En disoluciones diluidas, en lugar de utilizar la actividad del ion hidrógeno, se le puede aproximar empleando la concentración molar del ion hidrógeno. (12)

E) Peso Fresco

Este es el peso que tiene la planta con todos sus fotosintatos (tejidos de la planta) más la cantidad de agua que contiene extra e inter celular

PF = FOTOSINTATOS + Agua intracelular+ Agua extracelular

F) Peso Seco

Es el peso que tiene la planta luego de secarla lentamente para así evitar la ruptura de las fibras o deformación de estas por lo tanto no contiene agua en sus células

PS= FOTOSINTATOS – Agua Intracelular – Agua Extracelular

2.2.2 Marco Referencial

2.2.2.1 Localización del área experimental

La Finca Belén se ubica en las coordenadas 14°16'18.17" latitud Norte y 91°05'50.17" longitud Oeste (ver figura 1), a una altura de 150 msnm localizado en kilómetro 112 de la ruta que conduce a la aldea Cerro Colorado al sur-oeste de la ciudad capital, en el Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, del Departamento de Escuintla (Aquino, B. 2010) (1)

Según Aquino la finca Belén en donde se encuentra ubicado el experimento está localizada en el estrato altitudinal medio, en donde la altitud es de 150 metros sobre el nivel del mar. (1)

2.2.2.2 Temperatura

La temperatura media anual oscila entre 26 y 28 grados centígrados, con una mínima de 21 °C y una máxima de 37 °C (5)

2.2.2.3 Precipitación pluvial

La precipitación pluvial ocurre generalmente desde los meses de mayo a octubre, y en promedio anual llueven alrededor de 1,734.91 milímetros. (5)

2.2.2.4 Zona de Vida

Según el sistema de clasificación de R. L. Holdrige el área de encuentra en la zona de vida, Bosque muy húmedo Subtropical cálido “bmh-S(c)”. (8).

2.2.2.5 Condiciones edáficas

A) Orden de Suelo

El suelo utilizado en el experimento es del orden de los Molisoles. Son suelos minerales con estado de desarrollo: incipiente, joven o maduro.

Con un horizonte superficial (epipedón mollico) de color oscuro, rico en humus bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla iluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cambico cargado de arcilla); de poco profundos a muy profundos a muy profundos, fertilidad de baja a alta; desarrollados de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piro clásticas

El drenaje interno de estos suelos es bien drenado, el nivel freático se encuentra bastante superficial durante la estación lluviosa en algunas áreas.

Las características de estos suelos son: texturas del suelo y subsuelo franco arenoso, con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y pardo oscuro; son poco profundos a muy profundos, en algunas áreas se encuentran una o varias capas de talpetate de diferentes colores y grados de cementación, a diferentes profundidades, otros poseen piedras en la superficie y gravas en el perfil.

El contenido de materia orgánica es de muy bajo a alto, el pH es de fuertemente ácido a muy fuertemente alcalino, la CIC es de bajo a alto y el porcentaje de saturación de bases es de bajo a alto.

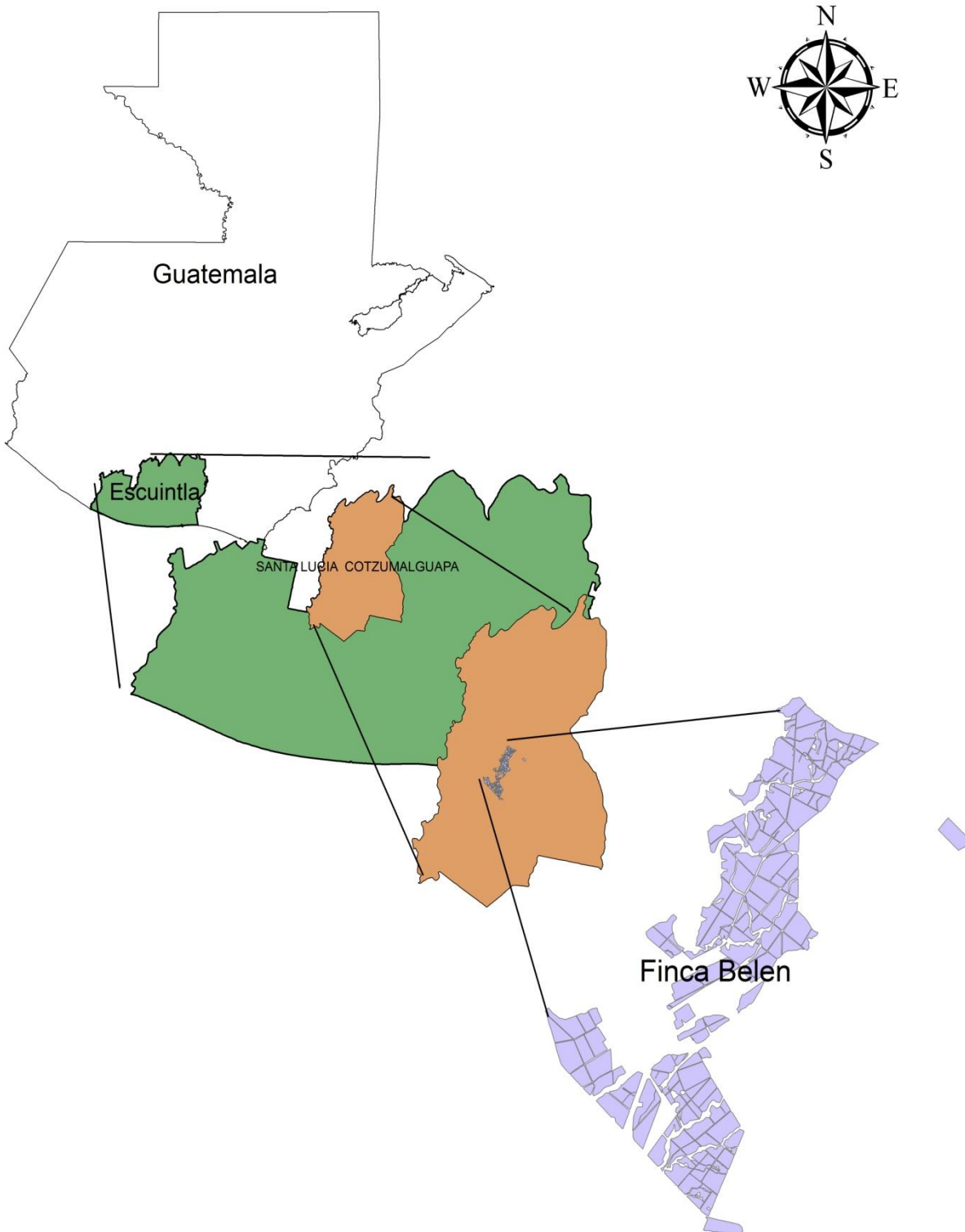


Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de la Finca Belén, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

2.2.2.6 Variedad de Caña de azúcar

A) CP72-2086

De acuerdo con el esquema de selección del programa de variedades de caña de azúcar, en el estado IV se seleccionan las variedades promisorias con base en su productividad y características agroindustriales las cuales son recomendadas para su evaluación semicomercial en el estado V de selección. Las variedades promisorias son aquellas que igualan o superan en productividad de azúcar promedio de los cortes estudiados al menos en una localidad de la variedad comercial más difundida en este caso CP72-2086. Debido a esto la variedad CP72-2086 es la utilizada al experimento ya que es la de mayor importancia tanto comercial y como parámetro para los ingenios azucareros (2)

a) Aspecto de la Planta

- Habito de crecimiento de tallos semirecto
- Poco deshoje natural
- Cantidad de Follaje intermedio

b) Entrenudo

- Color verde amarillento con manchas negras.
- Forma de crecimiento cilíndrico ligeramente curvado al costado de la yema

c) Nudo

- Forma de crecimiento obconoidal
- Yema redonda con alas de base angosta
- Anillo de crecimiento protuberante

d) Vaina

- Desprendimiento Intermedio
- Color rosado y quebradiza por el centro
- Presencia de gafete intermedio

e) Lamina Foliar

- Borde aserrado

f) Aurícula y Lígula

- Aurícula forma transicional ascendente
- Lígula Generalmente deltoide con rombo

g) Cuello

- Color Café
- Superficie Semilosa

h) Observaciones

- Incidencia alta a mosaico, raya roja y amarillamiento foliar

i) yemas

Las yemas de la variedad CP72-2086 fueron obtenidas de un pante semillero que se localiza en la finca Belén. El procedimiento de obtención de las yemas se realizó el día del establecimiento del experimento. Las 96 yemas que se sembraron en las macetas, se escogieron de un total de 150. Las 64 yemas restantes, se sembraron en un pante semillero del ingenio como respaldo del experimento.

j) Macetas

La maceta es la unidad experimental del experimento con 16.9 kilogramos de suelo, a los cuales se les añadió las cantidades correspondientes de los subproductos. En cada unidad experimental se sembraron 3 yemas de caña de la variedad CP72-2086.

2.2.3 Antecedentes

2.2.3.1 *Publicación 1*

En el Ingenio La Unión se han producido anualmente 200,000 toneladas de residuos agroindustriales (Cachaza, Ceniza y Residuos Vegetales), los cuales han constituido un contaminante para el medio ambiente de la zona. Con el objetivo de reducir la carga orgánica de las aguas residuales y evitar la contaminación de las aguas freáticas por los lixiviados de las cachaceras (rellenos de cachaza), la empresa aplica estos residuos en las áreas de renovación con una dosis de 400 t/ha, en un área total de 500 ha y a una distancia menor a 30 km del ingenio. Si la dosis fuera menor, la empresa no tendría el área suficiente para aplicarlo, y a una distancia mayor de 30 km del ingenio, los costos aumentarían.(4)

La cachaza como abono orgánico ofrece cantidades de nutrientes importantes, los cuales complementados con la fertilización inorgánica, mejoran significativamente la producción de caña de azúcar en la mayoría de suelos donde se cultiva caña de azúcar de manera constante. La problemática en la contaminación ambiental de los residuos agroindustriales obliga a la empresa aprovechar los residuos del proceso industrial de la caña de azúcar, para mejorar las propiedades químicas del suelo y con ello aumentar la producción (t/ha) de la caña de azúcar. (4)

Para la investigación se utiliza un diseño estadístico de Bloques al Azar, y se realizan 3 tratamientos.

1. Testigo.
2. Con residuos (Cachaza, ceniza y residuos vegetales).
3. Con residuos (Cachaza, ceniza y residuos vegetales) + 50% N.
4. Con residuos (Cachaza, ceniza y residuos vegetales) + 100% N.

Lo que se busca con la investigación es determinar si la cachaza + ceniza + residuos vegetales, funcionan como mejoradores de las propiedades químicas del suelo y si con ello se aumenta la producción (t/ha) de la caña de azúcar en el primer año. (4)

Se concluye a partir de esta experimentación lo siguiente:

1. Entre Incorporar y no incorporar residuos agroindustriales (ceniza, cachaza y residuos vegetales) al suelo sin adicionar fertilización nitrogenada, para incrementar la producción de caña en toneladas cortas por hectáreas se obtuvo una diferencia del 34% a lo que corresponde 34.53 t. caña/ha. Si se agregase a los residuos agroindustriales la fertilización nitrogenada con 60 kg N/ha, se obtendría un incremento de 29% o 28t. caña/ha. Lo que indica que la fertilización química nitrogenada puede ser sustituida por la aplicación de los residuos agroindustriales (ceniza, cachaza y residuos vegetales) en estas mismas condiciones incrementando la producción al 34%
2. La incorporación de residuos agroindustriales (Cachaza, Ceniza y residuos Vegetales) al suelo, incrementaron todas las variables evaluadas (% M.O., pH, C.E., P y K) respecto si solo se aplicase fertilización nitrogenada con 60 Kg N/ha. La materia orgánica en promedio aumento 1.43%, el pH incremento 0.26, la conductividad eléctrica 0.008 ds/m, el fosforo 42.16 ppm y el potasio 0.58 meq/100 g, estos incrementos fueron mayores comparándolo con los tratamientos que se les adiciono fertilización nitrogenada al 50 y 100 %, (tratamiento II y II) y los 121 t/ha de residuos agroindustriales. El fosforo y el potasio se incremento considerablemente debido al aporte que brinda la mezcla de residuos agroindustriales respecto a estos nutrientes (4).

2.2.3.2 *Publicación 2*

Este estudio tuvo como objetivo discutir las bondades y las limitaciones agronómicas en el manejo y uso de la cachaza, con énfasis en los suelos cultivados con caña de azúcar. En Venezuela se producen anualmente más de 300.000 toneladas de cachaza y la mayor parte no es aprovechada, por lo cual constituye una fuente de contaminación ambiental. Este residuo es rico en materia orgánica, nitrógeno, calcio y fósforo, por lo que se usa en

varios países como fuente de nutrimentos, mejoradora de algunas propiedades físicas del suelo y en la recuperación de suelos afectados por sales. Sus principales limitaciones para usarla con fines agronómicos son el alto contenido de humedad (75-80%) que presenta en estado fresco, lo cual encarece los costos de transporte, y su alta relación Carbono/Nitrógeno, que ocasiona retraso en el crecimiento de los cultivos cuando es incorporada en el momento de la siembra. Estas limitaciones pueden ser solventadas si la cachaza es deshidratada y enriquecida con nitrógeno previo a su aplicación, pudiéndose producir con este tratamiento gas metano para combustible (biogás). (14).

la cachaza ha demostrado ser eficaz en el mejoramiento de algunas propiedades físicas del suelo, pero su efecto es por poco tiempo, por lo que se recomienda mezclarla con una enmienda química (yeso, fosfoyeso, azufre, etc), según sea el caso, particularmente en suelos afectados por sales. También la cachaza puede ser mezclada con otros materiales de origen orgánico de lenta descomposición (rastros de cultivos, residuos de cosecha, etc) para prolongar su acción. Esta enmienda puede ser empleada como fuente de fósforo, calcio, nitrógeno (incorporándola de 6 semanas a 8 meses antes de la siembra) y magnesio, principalmente en aquellos suelos fijadores del primer nutrimento mencionado (suelos con pH ácido o alcalino). Por otro lado, con aplicaciones de cachaza se han reducido los efectos fitóxicos del hierro y el aluminio, en suelos ácidos o bajo condiciones anaeróbicas en el caso del hierro. (14).

Por el alto contenido de humedad que exhibe la cachaza al estado fresco (75-80%), se recomienda emplearla en dosis no menores de 50 t/ha, y aplicar niveles superiores a este en la medida que la textura del suelo se presente más gruesa, hasta un máximo de 100 t/ha; para disminuir los problemas de atascamiento de tractores, arrastre de este material por el agua e incendios del suelo en el momento de la quema de la caña de azúcar para la zafra. (14).

2.3 Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de la incorporación al suelo de las mezclas de cachaza, ceniza y basura en el crecimiento de la caña de azúcar, con fines de producción.

Específicos

- Evaluar el efecto de los tratamientos en la altura de la planta, población y número de tallos molederos.
- Determinar el efecto de los tratamientos en el peso fresco y peso seco de la biomasa de caña de azúcar.
- Comparar el efecto de los nutrientes: N, P, K, Ca y Mg, de los residuos agroindustriales en cada uno de los tratamientos, en el crecimiento de la caña de azúcar.

2.4 Hipótesis

La incorporación de cachaza al suelo mejora el crecimiento de la caña de azúcar, repercutiendo en mayor altura de la planta, mayor población, mayor número de tallos molederos y mayor biomasa producida.

2.5 Metodología

La presente investigación se estableció en un suelo Molisol, franco arenoso profundo, bien drenado, con un nivel de materia orgánica de 3.5%, con una precipitación promedio anual de 1,734, área con riego, ubicado a 69 metros sobre el nivel del mar, en la finca Belén, Ingenio La Unión, S.A. (4).

2.5.1 Diseño experimental

Para realizar este experimento se utilizó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones y 8 tratamientos teniendo un total de 32 unidades experimentales.

2.5.2 Tratamientos a Evaluar

Las unidades experimentales consistieron en treinta y dos macetas con 16.54 kg de suelo secado al aire más sus respectivos tratamientos, cuya descripción aparece en el cuadro 4. Los tratamientos evaluados se escogieron en función de las experiencias de los técnicos que laboran en el área de investigación del Ingenio La Unión.

Cuadro 8. Tratamientos para la evaluación de Residuos Agroindustriales de subproductos de caña de azúcar Finca Belén Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Tratamiento	Cantidad Peso Fresco	Cantidad en Peso Seco
Sin Mezcla	16.54 Kg de Suelo	16.54 Kg de suelo
Mezcla 1 (T2)	1.92 kg cachaza + 0.825 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo	0.51 kg cachaza + 0.22 kg Ceniza+ 0.41 kg residuos vegetales + suelo
Mezcla 2 (T3)	0.96 kg cachaza + 0.4125 kg ceniza + 0.276 kg residuos vegetales + suelo	0.26 kg cachaza + 0.11 kg ceniza + 0.20 kg residuos vegetales + suelo
Mezcla 3 (T4)	2.88 kg cachaza + 1.2375 kg ceniza + 0.828 kg residuos vegetales + suelo	0.77 kg cachaza + 0.33 kg ceniza + 0.61 kg residuos vegetales + suelo
Cachaza (T5)	1.92 kg cachaza + suelo	0.51 kg cachaza + suelo
Ceniza (T6)	0.825 kg ceniza + suelo	0.22 kg ceniza + suelo
Residuos vegetales (T7)	0.552 kg residuos vegetales + suelo	0.41 kg residuos vegetales + suelo
Mezcla 4 (T8)	1.92 kg cachaza + 0.4125 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo (Mezcla 1 menos 50% Ceniza)	0.51 kg cachaza + 0.11 kg Ceniza+ 0.41 kg residuos vegetales + suelo (Mezcla 1 menos 50% Ceniza)

Se presenta en el cuadro 5 las cantidades equivalentes en toneladas por hectárea de los tratamientos evaluados, indicados en el cuadro 4. Se presenta de esta manera, por ser la

unidad de área que usualmente se emplea para el cálculo y adquisición de productos para la actividad agrícola.

Cuadro 9. Tratamientos equivalentes por hectárea evaluados en ocho (8) unidades experimentales, ubicadas en el Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento en base seca
Sin Mezcla	Testigo absoluto	Testigo absoluto
Mezcla 1	233 t cachaza/ha + 100 t ceniza/ha+ 67 t residuos vegetales/ha + suelo	62.09 t cachaza/ha + 26.94 t ceniza/ha+ 49.22 t residuos vegetales/ha + suelo
Mezcla 2	116.5 t cachaza/ha + 50 t ceniza/ha + 33.5 t residuos vegetales/ha + suelo	31.05 t cachaza/ha + 13.47 t ceniza/ha + 24.61 t residuos vegetales/ha + suelo
Mezcla 3	349.5 t cachaza/ha + 150 t ceniza/ha + 100.5 t residuos vegetales/ha + suelo	93.14 t cachaza/ha + 40.41 t ceniza/ha + 73.83 t residuos vegetales/ha + suelo
Cachaza	Solo cachaza 233 t/ha	Solo cachaza 62.09 t/ha
Ceniza	Solo ceniza 100 t/ha	Solo ceniza 26.94 t/ha
Residuos Vegetales	Solo residuos vegetales 67 t/ha	Solo residuos vegetales 49.22 t/ha
Mezcla 4	Mezcla 1 menos 50% Ceniza 233 t cachaza/ha + 50 t ceniza/ha + 67 t residuos vegetales/ha + suelo	Mezcla 1 menos 50% Ceniza 62.09 t cachaza/ha + 13.47 t ceniza/ha + 49.22 t residuos vegetales/ha + suelo

2.5.3 Descripción de los Tratamientos Evaluados

2.5.3.1 *Testigo absoluto*

Consistió en una maceta a la cual se le lleno con 16.54 kg de suelo sin ningún tratamiento, solamente fue manejado de igual manera que las otras macetas.

2.5.3.2 *Mezcla 1*

Consistió en una mezcla de 0.96 kilogramos de cachaza + 0.4125 kilogramos de ceniza +0.276 kilogramos de residuos vegetales + los 16.54 kilogramos de suelo esta mezcla es equivalente a campo a 233 toneladas de cachaza por hectárea + 100 toneladas de ceniza por hectárea+ 67 toneladas de residuos vegetales por hectárea + 2000 toneladas de suelo que según la proporción a los tratamientos se encuentra en el suelo.

2.5.3.3 Mezcla 2

Consistió en una mezcla de 1.92 kilogramos de cachaza + 0.82 kilogramos de ceniza +0.552 kilogramos de residuos vegetales + los 16.54 kilogramos de suelo esta mezcla es equivalente a campo a 116.5 toneladas de cachaza por hectárea + 50 toneladas de ceniza por hectárea+ 33.5 toneladas de residuos vegetales por hectárea + 2000 toneladas de suelo que según la proporción a los tratamientos se encuentra en el suelo.

2.5.3.4 Mezcla 3

Consistió en una mezcla de 2.88 kilogramos de cachaza + 1.2375 kilogramos de ceniza +0.828 kilogramos de residuos vegetales + los 16.54 kilogramos de suelo esta mezcla es equivalente a campo a 349.5 toneladas de cachaza por hectárea + 150 toneladas de ceniza por hectárea+ 100.5 toneladas de residuos vegetales por hectárea + 2000 toneladas de suelo que según la proporción a los tratamientos se encuentra en el suelo.

2.5.3.5 Mezcla 4

Consistió en una mezcla de 1.92 kilogramos de cachaza + 0.4125 kilogramos de ceniza +0.552 kilogramos de residuos vegetales + los 16.54 kilogramos de suelo esta mezcla es equivalente a campo a 233 toneladas de cachaza por hectárea + 50 toneladas de ceniza por hectárea+ 67 toneladas de residuos vegetales por hectárea + 2000 toneladas de suelo que según la proporción a los tratamientos se encuentra en el suelo.

2.5.3.6 Solo Cachaza

Consistió en una mezcla de 1.92 kilogramos de cachaza + los 16.54 kilogramos de suelo esta mezcla es equivalente a campo a 233 toneladas de cachaza por hectárea + 2000 toneladas de suelo que según la proporción a los tratamientos se encuentra en el suelo.

2.5.3.7 Solo Ceniza

Consistió en una mezcla de 0.825 kilogramos de ceniza + los 16.54 kilogramos de suelo esta mezcla es equivalente a campo a 100 toneladas de ceniza por hectárea + 2000 toneladas de suelo que según la proporción a los tratamientos se encuentra en el suelo.

2.5.3.8 Solo Residuos vegetales

Consistió en una mezcla de 0.552 kilogramos de residuos vegetales + los 16.54 kilogramos de suelo esta mezcla es equivalente a campo a 67 toneladas de residuos vegetales por hectárea + 2000 toneladas de suelo que según la proporción a los tratamientos se encuentra en el suelo.

2.5.4 Obtención de los Materiales

2.5.4.1 Suelo

Se escogió un suelo al que, en ningún momento, le haya sido aplicada alguna corrección, por medio de la incorporación de residuos de cosechas anteriores.

2.5.4.2 Cachaza

La cachaza se obtuvo en el proceso de clarificación del jugo de caña. Se extrajo de la fábrica y se aplicó inmediatamente.

2.5.4.3 Ceniza

La ceniza se obtuvo de la quema del bagazo de la caña de azúcar, en la cogeneración de energía eléctrica. Se extrajo de la fábrica y se aplicó inmediatamente después de salir de la fábrica.

2.5.4.4 Residuos vegetales

Los residuos vegetales de la caña de azúcar, se obtuvieron luego del proceso del lavado en seco de la caña de azúcar. La caña de azúcar pasa por un eje giratorio y luego se extrae de la fábrica, para aplicarse inmediatamente después de salir de la fábrica.

2.5.5 Preparación de las yemas

Se aplicó un pesticida y un fungicida a las yemas, las yemas se mantuvieron dentro de los productos 4 horas antes del establecimiento del experimento, para evitar que hongos y otros agentes externos las dañen a las plantas antes que emerjan. Los productos aplicados fueron:

Regent--- Insecticida de plagas de suelo

Vitavax--- Fungicida

2.5.6 Preparación del suelo

2.5.6.1 Selección del suelo

Para la selección del suelo se utilizaron los mapas de grupos de similar manejo del Ingenio La Unión S.A. con el fin de evaluar los 5 suelos que presentaron mayor predominancia en cantidad de Área con el resultado de los suelos molisoles de la Finca Margaritas, para su extracción.

2.5.6.2 Homogenización y secado del suelo

Sobre un plástico negro, se pulverizaron los terrones que contenían las muestras de suelo. Las muestras se extendieron sobre el plástico, con el fin de realizar la homogenización y el secado de la misma. Para remover toda la humedad del suelo, se cambió de posición sobre el plástico y se mantuvo un espesor homogéneo de la muestra cada dos horas durante 5 días.

2.5.6.3 Homogenización de Cachaza, Ceniza y Residuos vegetales

A diferencia del suelo, los residuos no se homogenizaron ni se secaron. Estos residuos se utilizaron tal y como se extrajeron de los depósitos ubicados fuera de la fábrica. Se hizo de esta manera, considerando que son aplicados a los campos, en cantidades industriales sin ningún tratamiento, por lo que son aplicados al campo inmediatamente después de su extracción.

2.5.7 Preparación del Experimento

Se pesaron 16.9 kilogramos de suelo, a los cuales se les añadió las cantidades correspondientes de cada tratamiento. Se aplicó el riego correspondiente a las macetas y luego de transcurridas 4 semanas, se sembraron 3 yemas de la variedad CP72-2086, para entresacar finalmente, un brote por maceta.

2.5.7.1 Siembra

En cada unidad experimental se sembraron 3 yemas de caña de la variedad CP72-2086. Luego de evaluar su crecimiento, se dejó únicamente la que presente mayor vigor en el crecimiento.

2.5.7.2 Disposición de los tratamientos

En el cuadro 6 se presenta la disposición de los tratamientos, en las instalaciones del Ingenio La Unión, S.A.

Cuadro 10. Croquis de campo de la disposición de los tratamientos en las instalaciones del Ingenio La Unión, S.A.

T6 R1	T2 R2	T3 R2	T5 R2	T1 R2	T4 R4	T3 R4	T6 R3
T2 R1	T1 R1	T8 R3	T7 R2	T4 R3	T2 R4	T5 R1	T8 R4
T8 R1	T4 R1	T3 R3	T2 R3	T5 R4	T7 R3	T3 R1	T7 R4
T7 R1	T8 R2	T5 R3	T6 R2	T4 R2	T1 R3	T1 R4	T6 R4

2.5.8 Análisis químico del suelo

Las variables químicas del suelo, se determinaron en el laboratorio agronómico de CENGICAÑA. El análisis de las muestras de suelo, realizado antes de montar el experimento, permitió enriquecer la discusión de resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos del experimento.

2.5.8.1 Análisis Químicos de Residuos Agroindustriales

- Materia Orgánica (%)
- Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmoles \cdot kg⁻¹)
- Potencial Hidrogénico (pH)
- Nitrógeno “N” (mg/kg)
- Fosforo “P” (mg/kg)
- Potasio “K” (Cmoles / kg⁻¹)

El análisis químico de las hojas y otros órganos vegetales, llamado en general “análisis foliar” o “diagnóstico foliar”, es hoy un método práctico para estimar el estado nutricional y el requerimiento de sustancias nutritivas.

La información que proporciona el Análisis Foliar complementa la información obtenida del análisis de suelo, integrando el conjunto de factores que influyen en la asimilación de los nutrientes. (5)

La identificación de una deficiencia, o un exceso de un elemento determinado, es sólo el primer paso para llegar a efectuar una recomendación de enmienda; ésta se establece en función de las características del suelo, información extraída de campos de ensayo y de consideraciones económicas. Los índices obtenidos del análisis sólo dan idea del contenido y equilibrio entre nutrientes en la planta; a partir de allí puede establecerse cuál de ellos está siendo demandado con mayor intensidad, pero no proporcionan una indicación automática de la cantidad de un elemento particular que debe añadirse al suelo. Es por esto que es importante realizar los otros análisis químicos.

2.5.9 Variables respuesta

2.5.9.1 *Altura de la Planta*

Para evaluar el desarrollo vegetativo de la planta en cada tratamiento, se midió la longitud del tallo en dos momentos del crecimiento de la planta: a los 6 y 9 meses. La segunda medida realizada, coincidió con la fecha de culminación del experimento.

2.5.9.2 *Población*

Consistió en contar el número de brotes (hijos) de cada yema, en cada unidad experimental, a los 6 meses del ciclo de cultivo.

2.5.9.3 *Número de tallos molederos*

En cada maceta de cada uno de los tratamientos, se hizo un conteo y medición de la longitud de los tallos. A los 9 meses se determinó el número de tallos molederos con una longitud mayor o igual a 1 metro y que, consecuentemente, entrarán a la molienda.

2.5.9.4 *Biomasa Producida*

Para determinar la biomasa producida, se obtuvo el peso fresco y el peso seco de la parte aérea de todas las plantas, con el objeto de comparar el peso de la biomasa entre tratamientos. (5)

A) Peso Fresco

El peso fresco de la parte aérea de cada planta, se determinó al momento de corte de a los 9 meses de crecimiento. En cada uno de los tratamientos, a cada planta se le eliminó el sistema radicular y, luego, la parte aérea se fraccionó y se apiló en bolsas de papel; mismas que fueron identificadas con etiquetas en las que se escribió el número de tratamiento y repetición correspondiente. Se utilizó una balanza semi-analítica, para determinar la biomasa en cada unidad experimental.

El peso fresco obtenido, corresponde al siguiente modelo matemático:

$$\text{PF} = \text{FOTOSINTATOS} + \text{Agua intracelular} + \text{Agua extracelular}$$

B) Peso Seco

Se determinó con el uso de una balanza semi-analítica, luego de un proceso lento de secado, a 65 grados Celsius, del contenido de todas las bolsas que se etiquetaron al momento del corte y fraccionamiento de las plantas. Para lograr la completa extracción de la humedad de las plantas, se fraccionó aún más el tallo de la planta y, durante 21 días, en forma rotativa se colocaron las bolsas en cámaras de secado de los laboratorios de la Facultad de Agronomía, USAC.

El peso seco obtenido, corresponde al siguiente modelo matemático:

$$\text{PS} = \text{FOTOSINTATOS} - \text{Agua Intracelular} - \text{Agua Extracelular}$$

2.5.10 Mantenimiento del Experimento

El mantenimiento se realizó de manera simple realizando las limpiezas a partir de la remoción de hierbas que se desarrollaron en las macetas y que pudieran disminuir el crecimiento de la planta. Además fue aplicado riego de manera uniforme en todas las unidades experimentales para mantener la caña a capacidad de campo, debido a la escasez de precipitación pluvial en la temporada de zafra.

2.5.11 Cosecha

La cosecha de la caña de azúcar en cada unidad experimental se realizó a los 9 meses, contados a partir de la siembra. De cada planta cosechada se eliminó el sistema radicular, para obtener resultados de las variables respuesta con base al tallo, hojas y brotes secundarios (hijos).

2.5.12 Análisis del Experimento

Para analizar estadísticamente los resultados obtenidos de las unidades experimentales, se realizó un análisis de varianza – ANDEVA- para las variables respuesta. En los casos donde se obtuvo diferencia significativa en los resultados, se realizó una prueba de medias, utilizando la prueba de TUKEY, con una significancia del 5%, para evaluar las diferencias entre las medias de estas variables a partir del paquete estadístico Infostat,

2.6 Resultados y discusión

2.6.1 Análisis químico del suelo

Previo a la siembra de la caña de azúcar, se realizó el correspondiente análisis químico del suelo utilizado en cada una de las unidades experimentales. Los resultados de este análisis se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis químico del suelo utilizado en la investigación ubicada en la Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

CE	pH	Materia Orgánica	Ca	Mg	K	Na	CIC	P	Cu	Zn	Fe	Mn
(dS m-1)	01:02.5	%	Meq/100g Intercambiables					(ppm)				
0.05	6.16	5.77	6.84	1.36	0.52	0.22	8.72	1.62	0	1.84	1.78	27.7
Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura			15 ATM.		1/3 ATM.		D.AP.		
%	%	%				% H		% H		g/cc		
6.17	7.29	86.54	Arena Franca			20.31		42.6		1.01		

FUENTE: Laboratorio agronómico de CENGICAÑA (2010).

2.6.2 Análisis químico de los Residuos agroindustriales del suelo

Luego del análisis químico del suelo, se realizó el correspondiente análisis de las tres residuos agroindustriales (cachaza, ceniza y residuos vegetales) utilizados en cada una de las unidades experimentales. Los resultados del contenido porcentual de N, P, K, Ca y Mg en todos los tratamientos aplicados, se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 12. Análisis de los residuos agroindustriales del suelo utilizadas en la investigación ubicada en la Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Identificación	Nitrógeno	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	Mn	Humedad
	%	%				ppm				%
Residuo vegetal (Residuos vegetales)	0.48	0.12	0.06	0.47	0.08	6.33	5.15	1982.17	168.16	26.54
Cachaza	1.35	1.84	0.23	0.49	1.69	21.16	106.07	2669.82	286.56	73.35
Ceniza	0.14	0.19	0.07	0.96	0.22	18.23	20.60	1959.42	137.63	73.06

FUENTE: Laboratorio agronómico de CENGICANA (2010).

De acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 12, la cachaza presenta el mayor aporte porcentual en todos estos elementos, excepto en potasio (K).

2.6.3 Aporte de nutrimentos de los tratamientos evaluados

En el cuadro 13 se presentan resultados del contenido de N, P, K, Ca y Mg de cada una de los tratamientos evaluados. Se puede observar que, de los cuatro componentes de la mezcla utilizada en el tratamiento cuatro, la cachaza es la que, proporcionalmente, aporta la mayor cantidad de nutrimentos: 44.58 gramos de N, 52.05 gramos de P, 29.88 gramos de K, 56.33 gramos de Ca y 7.99 gramos de Mg. Al analizar este tratamiento, se determina que al tener la mayor cantidad de Fósforo (52.05 gramos), tiene mayor incidencia en la densidad de enraizamiento de la planta y, consecuentemente, el incremento de la población de hijos de cada planta de caña de azúcar.

Cuadro 13. Aporte de Nutrientos, en gramos, de cada componente a los ocho tratamientos evaluados

Tratamiento	N		P		K		Ca		Mg	
Sin mezcla	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0
	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0
	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0
	Total	0	Total	0	Total	0	Total	0	Total	0
Mezcla 1: 1.92 kg cachaza + 0.825 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo	Cachaza	6.90	Cachaza	8.65	Cachaza	2.51	Cachaza	9.42	Cachaza	1.18
	Ceniza	0.31	Ceniza	0.49	Ceniza	2.13	Ceniza	0.42	Ceniza	0.16
	Residuos Vegetales	1.95	Residuos Vegetales	0.32	Residuos Vegetales	1.90	Residuos Vegetales	0.48	Residuos Vegetales	0.24
	Total	9.16	Total	9.46	Total	6.54	Total	10.32	Total	1.58
Mezcla 2: 0.96 kg cachaza + 0.4125 kg ceniza + 0.276 kg residuos vegetales + suelo	Cachaza	3.45	Cachaza	4.32	Cachaza	1.25	Cachaza	4.71	Cachaza	0.59
	Ceniza	0.15	Ceniza	0.25	Ceniza	1.07	Ceniza	0.21	Ceniza	0.08
	Residuos Vegetales	0.97	Residuos Vegetales	0.16	Residuos Vegetales	0.95	Residuos Vegetales	0.24	Residuos Vegetales	0.12
	Total	4.57	Total	4.73	Total	3.27	Total	5.16	Total	0.79
Mezcla 3: 2.88 kg cachaza + 1.2375 kg ceniza + 0.828 kg residuos vegetales + suelo	Cachaza	10.36	Cachaza	12.97	Cachaza	3.76	Cachaza	14.12	Cachaza	1.76
	Ceniza	0.47	Ceniza	0.73	Ceniza	3.20	Ceniza	0.63	Ceniza	0.23
	Residuos Vegetales	2.92	Residuos Vegetales	0.48	Residuos Vegetales	2.86	Residuos Vegetales	0.73	Residuos Vegetales	0.37
	Total	13.75	Total	14.18	Total	9.82	Total	15.48	Total	2.36
Solo cachaza 1.92 kg + suelo	Cachaza	6.90	Cachaza	8.65	Cachaza	2.51	Cachaza	9.42	Cachaza	1.18
	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0
	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0
	Total	6.9	Total	8.65	Total	2.51	Total	9.42	Total	1.18
Solo ceniza 0.825 kg + suelo	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0
	Ceniza	0.31	Ceniza	0.49	Ceniza	2.13	Ceniza	0.42	Ceniza	0.16
	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0	Residuos Vegetales	0
	Total	0.31	Total	0.49	Total	2.13	Total	0.42	Total	0.16
Solo residuos vegetales 0.552 kg + suelo	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0	Cachaza	0
	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0	Ceniza	0
	Residuos Vegetales	1.95	Residuos Vegetales	0.32	Residuos Vegetales	1.90	Residuos Vegetales	0.48	Residuos Vegetales	0.24
	Total	1.95	Total	0.32	Total	1.9	Total	0.48	Total	0.24
Mezcla 1 menos el 50% de ceniza: 1.92 kg cachaza + 0.4125 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo	Cachaza	6.90	Cachaza	8.65	Cachaza	2.51	Cachaza	9.42	Cachaza	1.18
	Ceniza	0.16	Ceniza	0.25	Ceniza	1.07	Ceniza	0.21	Ceniza	0.08
	Residuos Vegetales	1.95	Residuos Vegetales	0.32	Residuos Vegetales	1.90	Residuos Vegetales	0.48	Residuos Vegetales	0.24
	Total	9.01	Total	9.22	Total	5.48	Total	10.11	Total	1.5

2.6.4 Población

En el cuadro 14 se presentan los resultados de población, obtenidos en función del conteo de los hijos de cada planta en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 14. Población por tratamiento, para cada repetición y en promedio, obtenidos por conteo en las instalaciones de la Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Trat	Mezcla	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Promedio
1	Sin mezcla	2	1	2	2	1.75
2	Mezcla 1: 1.92 kg cachaza + 0.825 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo	5	5	6	5	5.25
3	Mezcla 2: 0.96 kg cachaza + 0.4125 kg ceniza + 0.276 kg residuos vegetales + suelo	5	2	5	5	4.25
4	Mezcla 3: 2.88 kg cachaza + 1.2375 kg ceniza + 0.828 kg residuos vegetales + suelo	8	7	8	6	7.25
5	Solo cachaza 1.92 kg + suelo	5	5	4	7	5.25
6	Solo ceniza 0.825 kg + suelo	1	1	2	2	1.5
7	Solo residuos vegetales 0.552 kg + suelo	0	1	1	2	1
8	Mezcla 4: Mezcla 1 menos el 50% de ceniza: 1.92 kg cachaza + 0.4125 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo	3	6	7	6	5.5

Como puede observarse, el mayor promedio de número de hijos, con un valor de 7.25, se obtuvo en el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 1.92 kilogramos de cachaza, 0.825 kilogramos de ceniza y 0.552 kilogramos de residuos vegetales.

A estos datos se les realizó un análisis de varianza, cuyos resultados se muestran en el cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable población por planta de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Modelo	150.5625	10	15.0563	14.1113	<0.0001
Tratamientos	145.2188	7	20.7455	19.4435	<0.0001
Repeticiones	5.3437	3	1.7812	1.6695	0.204
Error	22.4063	21	1.067		
Total	172.9688	31			

CV = 26.03%

Como se puede observar en los resultados obtenidos, los tratamientos tienen un valor inferior al 0.01% de significancia real, siendo éste valor inferior al 5% utilizado en el análisis de varianza realizado. Se interpreta, entonces, que existe alta diferencia significativa entre los tratamientos para la variable población de caña de azúcar, lo que indica que, estadísticamente, al menos uno de los tratamientos, dio mejor resultado para esta variable respuesta.

Para establecer el o los mejores tratamientos con respecto a la variable población de caña de azúcar, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia. Estos resultados se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Prueba de medias, para la variable población de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Tratamiento	Media de población	Grupo
Mezcla 3	7.25	A
Mezcla 4	5.5	A B
Solo Cachaza	5.25	A B
Mezcla 1	5.25	A B
Mezcla 2	4.25	B
Sin Mezcla	1.75	C
Solo Ceniza	1.5	C
Solo residuos Vegetales	1	C

En estos resultados se determinó que con el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales, se obtuvo la mayor población de caña de azúcar, con una media de 7.25 hijos por planta. Los tratamientos ocho, cinco, dos y tres estadísticamente son iguales por pertenecer al mismo grupo B ubicados en el segundo lugar de mejores resultados, los tratamientos uno, seis y siete pertenecen al tercer grupo C no presentando diferencias significativas entre ellos.

Para facilitar la observación de los resultados obtenidos en los 8 tratamientos de la variable “población de caña de azúcar”, se presenta la figura 4.

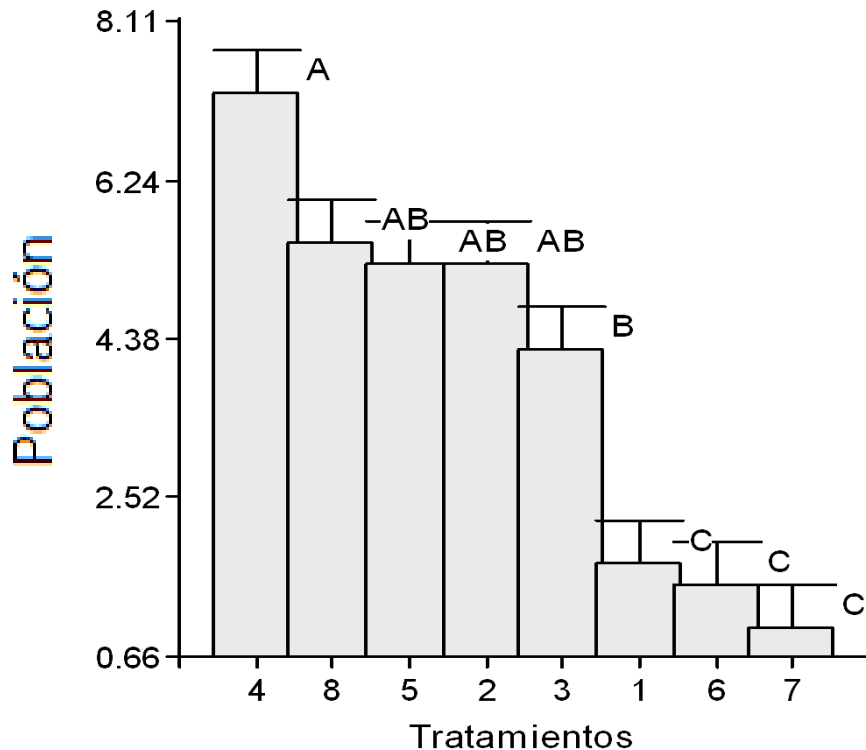


Figura 4. Población de caña de azúcar por tratamiento, obtenidos por conteo, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

En esta figura se observa que el tratamiento cuatro dio los resultados mayores en población de plantas de caña de azúcar (número de hijos por planta), comparado con el resto de tratamientos, debido al efecto del nitrógeno por formar parte de las proteínas y

enzimas, al efecto del fósforo en el mayor crecimiento radicular de la planta y división celular y al efecto del potasio en el incremento de la fotosíntesis y absorción de nutrimentos. Además se observa la similitud de los resultados de los tratamientos ocho, cinco y dos, como los segundos mejores tratamientos. Así mismo se puede apreciar claramente que los tratamientos uno, seis y siete, con alto contenido de cenizas y/o residuos vegetales, son los que arrojan los peores resultados, porque son los que menos nutrimentos aportan en las mezclas evaluadas (ver cuadro 13).

2.6.5 Altura de Planta

En el cuadro 17 se presentan los resultados obtenidos con la medición de alturas de cada planta en cada uno de los tratamientos realizados.

Cuadro 17. Altura de planta de caña de azúcar (cm), en promedio, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla

Trat	Mezcla	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Promedio
1	Sin mezcla.	87.5	110.7	82.6	72.5	88.33
2	Mezcla 1: 1.92 kg cachaza + 0.825 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo.	112.3	114.6	113.8	111.7	113.10
3	Mezcla 2: 0.96 kg cachaza + 0.4125 kg ceniza + 0.276 kg residuos vegetales + suelo.	105.6	115.14	112.8	111.01	111.14
4	Mezcla 3: 2.88 kg cachaza + 1.2375 kg ceniza + 0.828 kg residuos vegetales + suelo.	118.6	119.2	117.2	123.4	119.60
5	Solo cachaza 1.92 kg + suelo.	106.3	103.7	113.6	112.3	108.98
6	Solo ceniza 0.825 kg + suelo.	102.4	100.6	74.8	68.9	86.68
7	Solo residuos vegetales 0.552 kg + suelo.	72.5	71.6	77.6	62.4	71.03
8	Mezcla 4: Mezcla 1 menos el 50% de ceniza: 1.92 kg cachaza + 0.4125 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo.	114.6	112.7	115.7	116.8	114.95

Del análisis de los datos obtenidos, se determina que el mayor promedio de altura de la planta, con un valor de 119.6 cm, se obtuvo en el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales.

Se puede observar, además, que los resultados con menores valores en altura de planta, se obtuvieron al utilizar exclusivamente residuos vegetales , ceniza o suelo sin ninguna Mezcla con promedios de 71.02 cm, 86.68 cm y 88.32 cm, respectivamente.

Los datos obtenidos en cuadro 17 se sometieron a un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%, cuyos resultados se muestran en el cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable altura de planta de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Modelo	8762.1864	10	876.2186	11.1692	<0.0001
Tratamientos	8454.068	7	1207.724	15.3949	<0.0001
Repeticiones	308.1184	3	102.7061	1.3092	0.2977
Error	1647.4457	21	78.4498		
Total	10409.6321	31			

CV = 8.7071%

Como se puede observar en los resultados obtenidos, los tratamientos tienen un valor inferior al 0.01% de significancia real, siendo éste valor inferior al 5% utilizado en el análisis de varianza realizado. Se interpreta, entonces, que existe alta diferencia significativa entre los tratamientos para la variable altura de planta, lo que indica que, estadísticamente, al menos uno de los tratamientos, dio mejor resultado para esta variable respuesta.

Para establecer el o los mejores tratamientos con respecto a la variable altura de planta, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia. Estos resultados se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Prueba de medias de para la variable altura de planta de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Tratamiento	Media de altura de planta	Grupo		
Mezcla 3	119.6	A		
Mezcla 4	114.95	A		
Mezcla 1	113.1	A		
Mezcla 2	111.1375	A		
Solo Cachaza	108.975	A	B	
Sin Mezcla	88.325		B	C
Solo Ceniza	86.675			C
Solo Residuos Vegetales	71.025			C

En estos resultados se determinó que con el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales, se obtuvo la mayor altura de planta, con una media de 119.6 cm. Aun cuando los tratamientos cuatro, ocho, dos, tres y cinco estadísticamente son iguales por pertenecer al mismo grupo A ubicados en el primer lugar de mejores resultados, se considera que el tratamiento cuatro incorpora mayor cantidad de subproductos al suelo, habilitando mayor área de cultivo. En el cuadro 13 se presentan resultados del contenido de N de cada una de los tratamientos utilizados y se puede observar que, con el tratamiento cuatro, proporcionalmente, se aporta la mayor cantidad de este nutriente: 44.58 gramos; siendo este el que tiene mayor incidencia en la altura de la planta de caña de azúcar.

Para facilitar la observación de los resultados obtenidos en los ocho tratamientos de la variable “altura de planta”, se presenta la figura cinco.

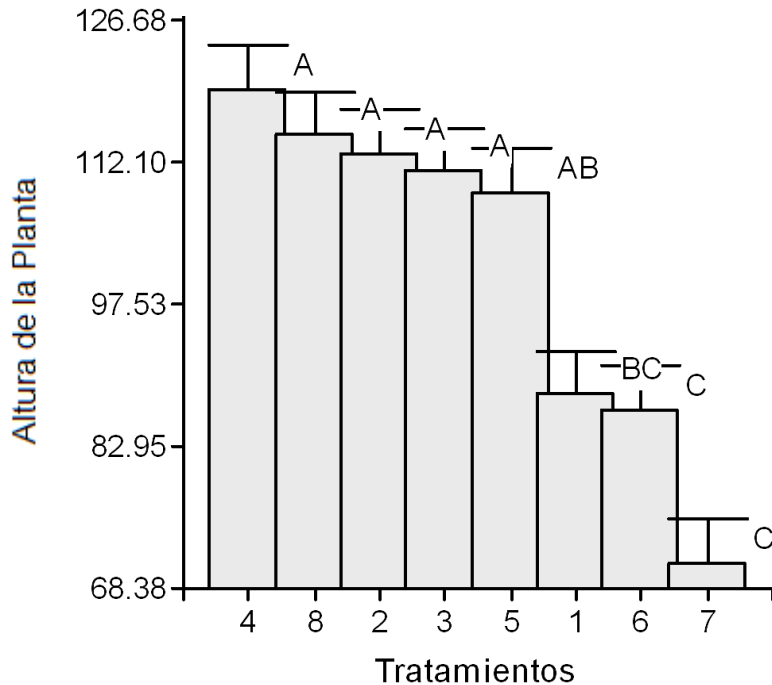


Figura 5. Altura de Planta de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

En esta figura cinco se observa que, en promedio, la altura de planta del tratamiento 4 es mayor que en el resto de tratamientos, aunque, estadísticamente, no existe diferencia significativa con los tratamientos ocho, dos, tres y cinco. La mayor altura de planta registrada en estos tratamientos se debe a la presencia de mayor cantidad de nitrógeno que forma parte de las proteínas y enzimas, y al efecto del fósforo en el mayor crecimiento radicular de la planta y una mayor división celular. Así mismo se puede apreciar claramente que los tratamientos uno, seis y siete, con alto contenido de cenizas y/o residuos vegetales, son los que presentaron las medias inferiores, debido a su menor aporte de nutrimentos al suelo, principalmente N, siendo este elemento el que, en mayor grado, es responsable del proceso fotosintético.

2.6.6 Tallos Molederos

En el cuadro 20 se presentan los resultados obtenidos para la variable “tallos molederos”, en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 20. Número de tallos molederos de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Trat	Mezcla	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Promedio
1	Sin mezcla	1	0	1	1	0.75
2	Mezcla 1: 1.92 kg cachaza + 0.825 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo	3	3	3	4	3.25
3	Mezcla 2: 0.96 kg cachaza + 0.4125 kg ceniza + 0.276 kg residuos vegetales + suelo	3	2	4	3	3
4	Mezcla 3: 2.88 kg cachaza + 1.2375 kg ceniza + 0.828 kg residuos vegetales + suelo	4	5	4	4	4.25
5	Solo cachaza 1.92 kg + suelo	2	3	2	4	2.75
6	Solo ceniza 0.825 kg + suelo	0	0	0	1	0.25
7	Solo residuos vegetales 0.552 kg + suelo	0	0	0	0	0
8	Mezcla 4: Mezcla 1 menos el 50% de ceniza: 1.92 kg cachaza + 0.4125 kg Ceniza+ 0.552 kg residuos vegetales + suelo	2	4	3	3	3

Del análisis de los datos obtenidos, se determina que el mayor promedio de tallos molederos, con un valor de 4.25, se obtuvo en el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales.

Se puede observar, además, que los resultados con menores valores en altura de tallo se obtuvieron al utilizar exclusivamente residuos vegetales, ceniza o suelo sin ninguna Mezcla, con promedios de 0, 0.25 y 0.75, respectivamente.

Los datos obtenidos en cuadro 20 se sometieron a un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%, cuyos resultados se muestran en el cuadro 21.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable número de tallos molederos de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Modelo	72.0625	10	7.2063	18.554	<0.0001
Tratamientos	70.4688	7	10.067	25.9195	<0.0001
Repeticiones	1.5938	3	0.5313	1.3678	0.2799
Error	8.1562	21	0.3884		
Total	80.2188	31			

CV = 28.9026%

Como se puede observar en los resultados obtenidos, los tratamientos tienen un valor inferior al 0.01% de significancia real, siendo éste valor inferior al 5% utilizado en el análisis de varianza realizado. Se interpreta, entonces, que existe alta diferencia significativa entre los tratamientos para la variable número de tallos molederos, lo que indica que, estadísticamente, al menos uno de los tratamientos, dio mejor resultado para esta variable respuesta.

Para establecer el o los mejores tratamientos con respecto a la variable número de tallos molederos, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia. Estos resultados se muestran en el cuadro 22.

Cuadro 22. Prueba de medias, para la variable número de tallos molederos de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Tratamiento	Promedio de tallos molederos	Grupo
Mezcla 3	4.25	A
Mezcla 1	3.25	A B
Mezcla 4	3	A B
Mezcla 2	3	A B
Solo Cachaza	2.75	B
Sin Mezcla	0.75	C
Solo Ceniza	0.25	C
Solo Residuos Vegetales	0	C

En estos resultados se determinó que con el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales, se obtuvo el mayor promedio de tallos molederos, con un valor de 4.25. Aun cuando los tratamientos cuatro, dos, ocho y tres estadísticamente son iguales por pertenecer al mismo grupo A ubicados en el primer lugar de mejores resultados, se considera que el tratamiento cuatro incorpora mayor cantidad de subproductos al suelo, habilitando mayor área de cultivo. En el cuadro 13 se presentan resultados del contenido de P y N de cada una de los tratamientos utilizados y se puede observar que, con el tratamiento 4, proporcionalmente, se aporta la mayor cantidad de estos nutrientes: 14.18 gramos de P y 13.75 gramos de N; siendo estos dos elementos los que tienen mayor incidencia en el número de tallos molederos obtenidos por planta de caña de azúcar. El Fósforo contribuye a la mayor densidad de enraizamiento de la planta y el Nitrógeno al mayor crecimiento de los tallos para que lleguen a ser molederos.

Para facilitar la observación de los resultados obtenidos en los ocho tratamientos de la variable “número de tallos molederos”, se presenta la figura seis.

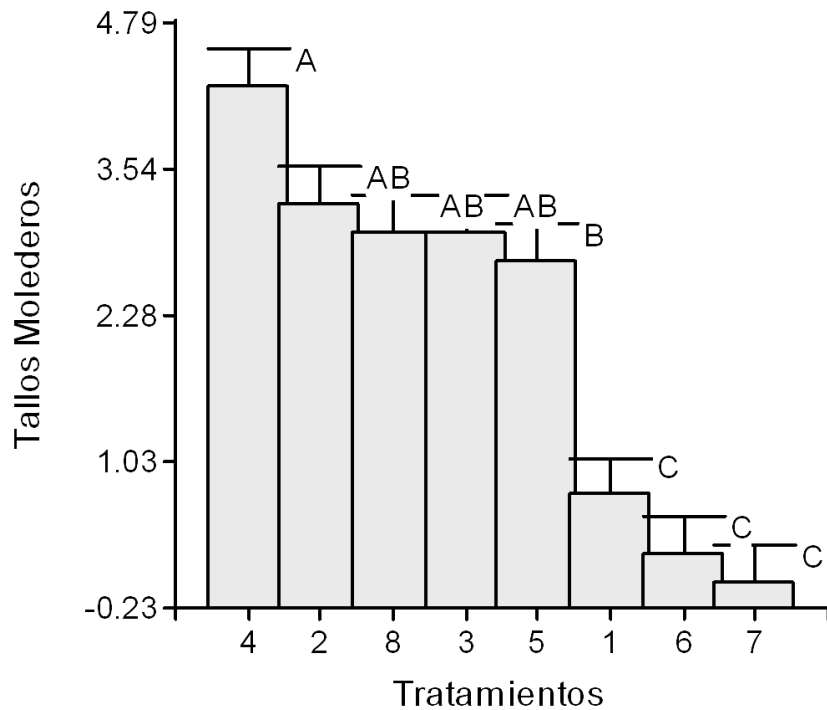


Figura 6. Número de tallos molederos de caña de azúcar, Ingenio La Unión, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

En la figura seis, se observa que, en promedio, el número de tallos molederos por planta, es mayor en el tratamiento cuatro que en el resto de tratamientos, aunque, estadísticamente, no existe diferencia significativa con los tratamientos dos, ocho y tres. Así mismo se puede apreciar claramente que los tratamientos uno, seis y siete, con alto contenido de cenizas y/o residuos vegetales, son los que presentaron las medias inferiores, debido a su menor aporte al suelo de nutrimentos, principalmente fósforo y nitrógeno (ver cuadro 13).

2.6.7 Biomasa en peso fresco

En el cuadro 23 se presentan los resultados obtenidos en la determinación de biomasa en peso fresco, en el momento de corte de cada planta, en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 23. Biomasa en peso fresco (gramos) de caña de azúcar, Ingenio La Unión, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Trat	Mezcla	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Promedio
1	Sin Mezcla	401.5	511.5	539.5	421.5	468.5
2	Mezcla 1	2,199.0	1,934.0	2,205.5	2,275.0	2,153.375
3	Mezcla 2	1,761.0	1,411.5	1,420.0	1,529.5	1530.5
4	Mezcla 3	2,534.0	2,435.5	2,951.0	2,719.0	2,659.9
5	Cachaza	2,039.5	1,979.5	1,675.5	1,908.5	1900.8
6	Ceniza	462.0	501.5	482.0	386.0	457.9
7	Residuos Vegetales	447.0	465.0	476.0	398.0	398.0
8	Mezcla 4	2,017.0	1,871.0	2,447.5	2,160.5	2,124.0

Del análisis de los datos obtenidos, se determina que el mayor promedio de Biomasa en peso fresco, con un valor de 2,659.9 gramos, se obtuvo en el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales.

Se puede observar, además, que los resultados con menores valores de biomasa en peso fresco se obtuvieron al utilizar exclusivamente residuos vegetales, ceniza o suelo sin ninguna Mezcla, con promedios de 398.0, 457.9 y 468.5 gramos, respectivamente.

Los datos obtenidos en cuadro 23 se sometieron a un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%, cuyos resultados se muestran en el cuadro 24.

Cuadro 24. Análisis de varianza para biomasa en peso fresco de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Modelo	22401623.51	10	2240162.351	93.188	<0.0001
Tratamientos	22321972.12	7	3188853.16	132.6524	<0.0001
Repeticiones	79651.3834	3	26550.4611	1.1045	0.3694
Error	504822.4491	21	24039.1642		
Total	22906445.95	31			

CV = 10.5651%

Como se puede observar en los resultados obtenidos, los tratamientos tienen un valor inferior al 0.01% de significancia real, siendo éste valor inferior al 5% utilizado en el análisis de varianza realizado. Se interpreta, entonces, que existe alta diferencia significativa de biomasa en peso fresco entre los tratamientos realizados, lo que indica que, estadísticamente, al menos uno de los tratamientos, dio mejor resultado para esta variable respuesta.

Para establecer el o los mejores tratamientos donde se obtuvo mayor biomasa en peso fresco, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia. Estos resultados se muestran en el cuadro 25.

Cuadro 25. Prueba de medias, para la variable biomasa en peso fresco de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Tratamiento	Biomasa en peso fresco (gramos)	Grupo
Mezcla 3	2,660.32	A
Mezcla 1	2,153.75	B
Mezcla 4	2,124.00	B
Solo Cachaza	1,900.78	B
Mezcla 2	1,530.52	C
Sin Mezcla	468.50	D
Solo Ceniza	458.05	D
Solo Residuos Vegetales	444.25	D

En estos resultados se determinó que con el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375

kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales, se determina que el mayor promedio de Biomasa en peso fresco, con un valor de 2,659.9 gramos, se obtuvo en el tratamiento cuatro, único tratamiento ubicado en el grupo A, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales. Los tratamientos uno, seis, y siete conteniendo únicamente suelo o alto contenido de cenizas y/o residuos vegetales, son los que presentaron las medias inferiores de biomasa en peso fresco, debido a su menor aporte al suelo de nutrimentos, principalmente nitrógeno.

En el cuadro 13 se presentan resultados del contenido de P y N de cada una de los tratamientos utilizados y se puede observar que, con el tratamiento 4, proporcionalmente, se aporta la mayor cantidad de estos nutrientes: 14.18 gramos de P y 13.75 gramos de N; siendo estos dos elementos los que tienen mayor incidencia en el crecimiento vegetativo de la caña de azúcar. El Fósforo contribuye a la mayor densidad de enraizamiento de la planta y el Nitrógeno al mayor crecimiento de los tallos.

Para facilitar la observación de los resultados obtenidos en los ocho tratamientos de la variable "biomasa en peso fresco", se presenta la figura siete.

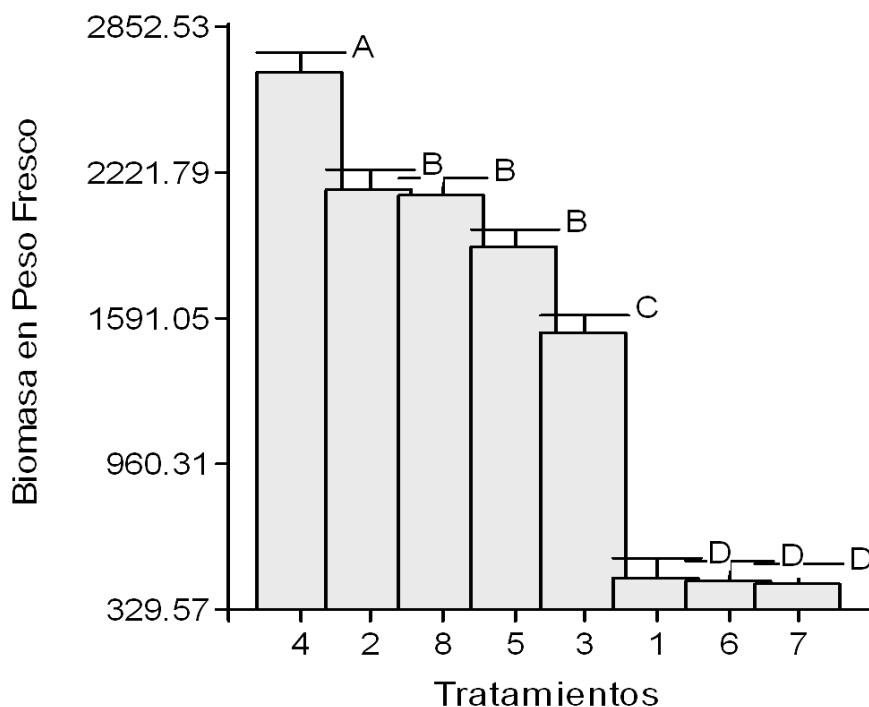


Figura 7. Biomasa en peso fresco de caña de azúcar, por tratamiento, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

En la figura siete se observa que la mayor biomasa en peso fresco (2,659.9 gramos), se obtuvo en el tratamiento cuatro, resultado significativamente mayor que el obtenido en el resto de tratamientos. Además se observa la similitud de los resultados de los tratamientos dos, ocho y cinco, con mayor contenido de cachaza y poco contenido de residuos vegetales y/o ceniza, como los segundos mejores tratamientos. Así mismo se puede apreciar claramente que los tratamientos uno, seis y siete, con alto contenido de cenizas y/o residuos vegetales, son los que presentaron las medias inferiores de biomasa en peso fresco debido a su menor aporte al suelo de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo.

2.6.8 Biomasa en Peso Seco

En el cuadro 26 se presentan los resultados obtenidos en la determinación de biomasa en peso seco, en el momento de corte de cada planta, en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 26. Biomasa en peso seco (gramos) de caña de azúcar. Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Trat	Mezcla	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Promedio
1	Sin Mezcla	110.7	148.3	172.7	245.2	169.2
2	Mezcla 1	679.2	637.7	651.5	706	668.6
3	Mezcla 2	600.7	737.6	490.3	486.4	578.7
4	Mezcla 3	838.4	804.7	932.4	927.3	875.7
5	Cachaza	680.3	622.5	566.6	682.7	638.0
6	Ceniza	138.4	165.7	134.2	146.4	146.2
7	Residuos Vegetales	140.8	153.8	118.9	115.5	132.2
8	Mezcla 4	651.7	636.8	672.4	726.1	671.8

Del análisis de los datos obtenidos, se determina que el mayor promedio de Biomasa en peso seco, con un valor de 875.7 gramos, se obtuvo en el tratamiento cuatro, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales.

Se puede observar, además, que los resultados con menores valores de biomasa en peso seco se obtuvieron al utilizar exclusivamente residuos vegetales, ceniza o suelo sin ninguna Mezcla, con promedios de 132.2, 146.2 y 169.2 gramos, respectivamente.

Los datos obtenidos en cuadro 26 se sometieron a un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%, cuyos resultados se muestran en el cuadro 27.

Cuadro 27 Análisis de varianza para Biomasa en peso seco de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Modelo	2375343.2	10	237534.32	65.41	<0.0001
Tratamientos	2369541.96	7	338505.99	93.21	<0.0001
Repeticiones	5801.24	3	1933.75	0.53	0.665
Error	76266.05	21	3631.72		
Total	2451609.26	31			

CV = 12.42%

Como se puede observar en los resultados obtenidos, los tratamientos tienen un valor inferior al 0.01% de significancia real, siendo éste valor inferior al 5% utilizado en el análisis de varianza realizado. Se interpreta, entonces, que existe alta diferencia significativa de biomasa en peso seco entre los tratamientos realizados, lo que indica que, estadísticamente, al menos uno de los tratamientos, dio mejor resultado para esta variable respuesta.

Para establecer el o los mejores tratamientos donde se obtuvo mayor biomasa en peso seco, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia. Estos resultados se muestran en el cuadro 28.

Cuadro 28. Prueba de medias, para la variable Biomasa en peso seco de caña de azúcar, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Tratamiento	Biomasa en peso seco (gramos)	Grupo
Mezcla 3	875.70	A
Mezcla 4	671.75	B
Mezcla 1	668.60	B
Solo cachaza	638.03	B
Mezcla 2	578.75	B
Sin Mezcla	169.23	C
Solo Ceniza	146.18	C
Solo Residuos vegetales	132.25	C

En estos resultados se determinó que con el tratamiento 4, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos

de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales, se determina que el mayor promedio de Biomasa en peso seco, con un valor de 875.70 gramos, se obtuvo en el tratamiento cuatro, único tratamiento ubicado en el grupo A, consistente en una maceta con 16.54 kg de suelo al que se le incorporó 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza y 0.828 kilogramos de residuos vegetales. Los tratamientos uno, seis, y siete conteniendo únicamente suelo o alto contenido de cenizas y/o residuos vegetales, son los que presentaron las medias inferiores de biomasa en peso fresco, debido a su menor aporte al suelo de nutrimentos, principalmente nitrógeno.

En el cuadro 13 se presentan resultados del contenido de P y N de cada una de los tratamientos utilizados y se puede observar que, con el tratamiento cuatro, proporcionalmente, se aporta la mayor cantidad de estos nutrientes: 14.18 gramos de P y 13.75 gramos de N; siendo estos dos elementos los que tienen mayor incidencia en el crecimiento vegetativo de la caña de azúcar.

Para facilitar la observación de los resultados obtenidos en los ocho tratamientos de la variable "biomasa en peso fresco", se presenta la figura ocho.

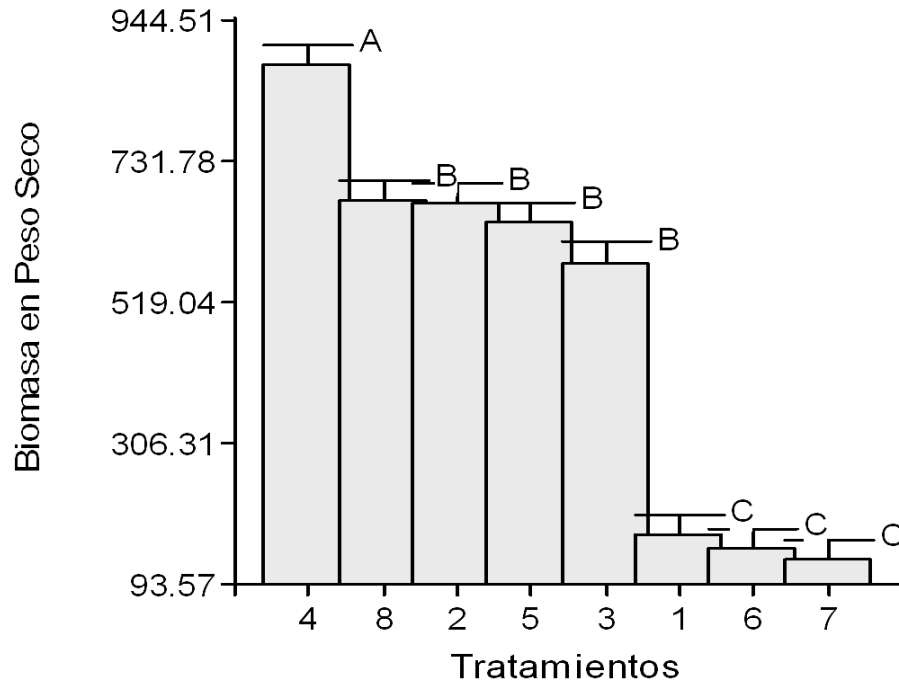


Figura 8. Biomasa en peso seco de caña de azúcar, por tratamiento, Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

En la figura 8 se observa que la mayor biomasa en peso seco (875.70 gramos), se obtuvo en el tratamiento cuatro, resultado significativamente mayor que el obtenido en el resto de tratamientos. Además se observa la similitud de los resultados de los tratamientos dos, ocho y cinco, con mayor contenido de cachaza y poco contenido de residuos vegetales y/o ceniza, como los segundos mejores tratamientos. Así mismo se puede apreciar claramente que los tratamientos uno, seis y siete, con alto contenido de cenizas y/o residuos vegetales, son los que presentaron las medias inferiores de biomasa en peso seco debido a su menor aporte al suelo de nutrimentos, principalmente nitrógeno.

2.7 CONCLUSIONES

1. De los tratamientos evaluados, el tratamiento cuatro, dio los mejores resultados: mayor población, mayor altura de plantas, mayor cantidad de tallos molederos.
2. De los tratamientos evaluados, el tratamiento cuatro dio los mejores resultados de biomasa en peso fresco y peso seco en el cultivo de caña de azúcar.
3. El mayor contenido de N, P, K, Ca y Mg de la mezcla tres, comparada con el resto de tratamientos, provocó que el tratamiento cuatro, mostrara los mejores resultados en el crecimiento de la caña de azúcar.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Con base en el mejor tratamiento consistente en: una mezcla de 2.88 kilogramos de cachaza, 1.2375 kilogramos de ceniza, 0.828 kilogramos de basura incorporada como abono orgánico a los 16.54 kilogramos de suelo, se recomienda aplicar el equivalente de campo que consiste en: 349.5 toneladas de cachaza por hectárea, 150 toneladas de ceniza por hectárea, 100.5 toneladas de residuos vegetales por hectárea para mejorar el desarrollo de la caña de azúcar (proporción 3.5 : 1.5 : 1).
2. Realizar una investigación que tome en cuenta los tipos de Mezclas utilizadas en este estudio, con el propósito de mejorar el suelo en las fincas donde se cultiva caña de azúcar.

2.9 BIBLIOGRAFIA

1. Aquino, B. 2010. Fincas estratos altitudinales elaboración de mapas y área total de caña cosechada (entrevista). Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio La Unión, S.A., Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.
2. Brack, A; Mendiola, C. 2009. La materia orgánica del suelo (en línea). Perú, Perú Ecológico, Enciclopedia Ecología del Perú, Capítulo 18: la tierra y suelo como recursos naturales. Consultado 8 nov. 2010. Disponible en http://peruecologico.com.pe/lib_c18_t04.htm
3. Cairo, P; Lamas, N; Goya, S; García, S; Aguilar, J. 1996. Influencia de la cachaza sobre las propiedades estructurales de un suelo oscuro plástico. *International Sugar Journal* 98:274-276.
4. Castellanos, H. 2011. Uso de residuos agroindustriales como enmienda y su efecto en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en un suelo Mollisol, en la fase I. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
5. CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). s.f. Sistemas de información meteorológica de la zona cañera de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 16 ago 2010. Disponible en <http://www.cengicana.org>
6. Donelan, AF. 1994. Utilización de la cachaza en mezclas de suelo en la estación experimental de Caroni, Trinidad. *Periódico Internacional del Azúcar*, Cali, Colombia, abril 15:593-596. Citada por: Castellanos, H. 2011. Uso de residuos agroindustriales como enmienda y su efecto en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en un suelo Mollisol, en la fase I. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
7. GEPLACEA (Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar, MX). 1990. Cachaza. In GEPLACEA (Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar, MX). Manual de la caña de azúcar. US. p. 69-73. Citada por: Castellanos, H. 2011. Uso de residuos agroindustriales como enmienda y su efecto en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en un suelo Mollisol, en la fase I. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapa de zonas de vida, república de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 17 set 2010. Disponible en http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uee_infoagro
9. Orozco, H; Catalán, M; Castro, O; Quemé, L. 2009. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca (morfología y productividad). Guatemala, Ingenio La Unión. 97 p.

10. Pérez, F; Scandaliaris, J; Dantur, N. 1996. Aprovechamiento agrícola de los residuos de la agroindustria de la caña de azúcar. EEAOC, Avance Agroindustrial 2:37-41. Citada por: Castellanos, H. 2011. Uso de residuos agroindustriales como enmienda y su efecto en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en un suelo Mollisol, en la fase I. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
11. Pina, DN; Blanco, C; Martin, J. 1996. Mayores ganancias mediante el empleo de cachaza en los cañaverales. Cuba & Caña 1(1):20-23. Citada por: Castellanos, H. 2011. Uso de residuos agroindustriales como enmienda y su efecto en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en un suelo Mollisol, en la fase I. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
12. Quintero, R; Jen, S; Castilla, C. 1984. Efectos de la cachaza en la producción de la caña de azúcar en el valle del Cauca. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (1, 1984, Colombia). Colombia, Tecnicaña. p. 255-265.
13. Simmons, C; Tárano T, JM; Pinto Zúñiga, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p. Citada Por Castellanos H. 2011. Uso de residuos Agroindustriales como enmienda y su efecto en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en un suelo Mollisol, en la Fase I. Tesis Ing. Agrónomo Guatemala USAC. 57 p.
14. Zérega, LM. 2001. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. Tesis Ing. Agr. Venezuela, FONAIAP. 115 p.

2.10 ANEXOS

FOTOGRAFIAS DE SECADO DE SUELO



Figura 1A. Preparación del suelo para los tratamientos del experimento, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Figura 2A. Secado de suelo al aire, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

FOTOGRAFIAS DE LAS YEMAS RECOLECTADAS Y SEMBRADAS



Figura 3A. Recolección de yemas para siembra, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Figura 4A. Yemas recolectadas, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

FOTOGRAFIAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES



Figura 5A. Toma de peso de las unidades experimentales, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Figura 6A Llenado de las unidades experimentales, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Figura 7A. Disposición de los tratamientos a los 6 meses, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Figura 8A. Comparación de los tratamientos a los 9 meses, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Figura 9A. Hijos de tratamiento 3 a los 6 meses de disposición, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

FOTOGRAFÍAS DEL PESADO DE BIOMASA FRESCA



Figura 10A. Cosecha y preparación de los tratamientos para toma de peso fresco, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Figura 11A. Toma de peso fresco, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

FOTOGRAFIAS DEL SECADO Y PESADO DE BIOMASA SECA



Figura 12A. Tratamientos secándose al aire, Herbario, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala



Figura 13A. Tratamientos secándose al aire, Herbario, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala



Figura 14A. Tratamientos secándose en horno de secado lento, Herbario, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

CAPITULO III

Servicios realizados en el Departamento de Ingeniería Agrícola Ingenio la Unión S.A., Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

3.1 Presentación

El incremento de las áreas de cultivo en los ingenios conlleva la utilización de nuevas metodologías y la renovación de otras que se aplican correctamente. Estas actualizaciones conllevan a la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) debido a la necesidad de manejar toda esta área de una manera ordenada y simplificada, esto se lleva a cabo a partir del manejo de las bases de datos (Geodatabases) que están conectadas a la información física y técnica de cada pante

En este caso el nivel freático en el que se concentran las acciones del SIG se monitorea para evitar inundaciones en la finca o para evitar exceso de agua que se encuentren en estas, por lo tanto es necesario realizar drenajes para evitar esta situación.

Para poder efectuar un adecuado proceso de producción y cosecha se debe dar manejo al diseño de campo de las fincas. El diseño de campo es utilizado para mejorar la producción basada en la disposición de la ubicación de los pantes en el área de siembra del ingenio utilizando criterios como distanciamiento de surco, orientación de surco así como calles principales drenajes y otras limitantes físicas que impiden el cambio o de la disposición de los pantes.

Los servicios que se realizaron en el área de Ingeniería Agrícola se basaron en la generación de información importante para el monitoreo de control de nivel freático, siendo estas la realización de mapas de ISOBATAS para las fincas que tienen instalados los pozos de observación, para el diseño de campo se realizó un documento de Unidades de Manejo (Microcuencas) Estos servicios se realizaron con la ayuda del programa ArcGis.

Además de estos documentos planificados se programo un apoyo a la complementación de la base de datos que fue empezada por el EPS anterior Hugo Castellanos con el motivo de completar la información así fue como se hizo uso de esta para la realización de mapas temáticos que puedan servir de alguna forma en el ingenio y además se dio apoyo al complemento de diferentes capas de información cartográfica que están ingresadas en el Programa SIG del Ingenio La Unión

3.2 Control del nivel freático, realización de mapas temáticos de ISOBATAS, generación de reporte final de Comportamiento del nivel Freático y digitalización de Drenajes de las fincas del Ingenio La Unión

3.2.1 Objetivo

Realizar un control del nivel freático de las fincas con pozos de observación, en los meses lluviosos y digitalizar todos los drenajes de las fincas del Ingenio, utilizando los Sistemas de Información Geográfica SIG para generar un reporte del comportamiento del agua en dichas fincas

Objetivos específicos

- Realizar los mapas de SIG respectivos a la evaluación de nivel freático
- Evaluar semanalmente el nivel freático en la temporada de lluvia
- Elaborar el Reporte final de las fincas que tengan su información en buen estado

3.2.2 Metodología

3.2.2.1 Recursos

2 personas para instalación y lectura de pozos de observación y para el procesamiento de datos 1 persona.

3.2.2.2 Ubicación de Pozos

Plano de la finca con la ubicación de los pozos con su número de orden.

3.2.2.3 *Fecha de Lectura de los Pozos*

Las lecturas de los pozos se tomaron en las fechas siguientes:

Por semana: 1ra semana	7 de cada mes
2da semana	14 de cada mes
3ra semana	21 de cada mes
4ta semana	28 de cada mes
Quincenal: 1ra quincena	14 de cada mes
2da quincena	28 de cada mes
Mensual:	28 de cada mes

Puede ser un día antes o un día después si la fecha indicada fuera fin de semana.

La fecha de lectura de todos los pozos debe ser en un solo día, única excepción si hubiera chubascos o tormenta se puede finalizar la lectura el siguiente día.

3.2.2.4 *Procedimiento para toma de datos*

La lectura se tomó del rostro del pozo al inicio del espejo de agua como se muestra en la figura siguiente:

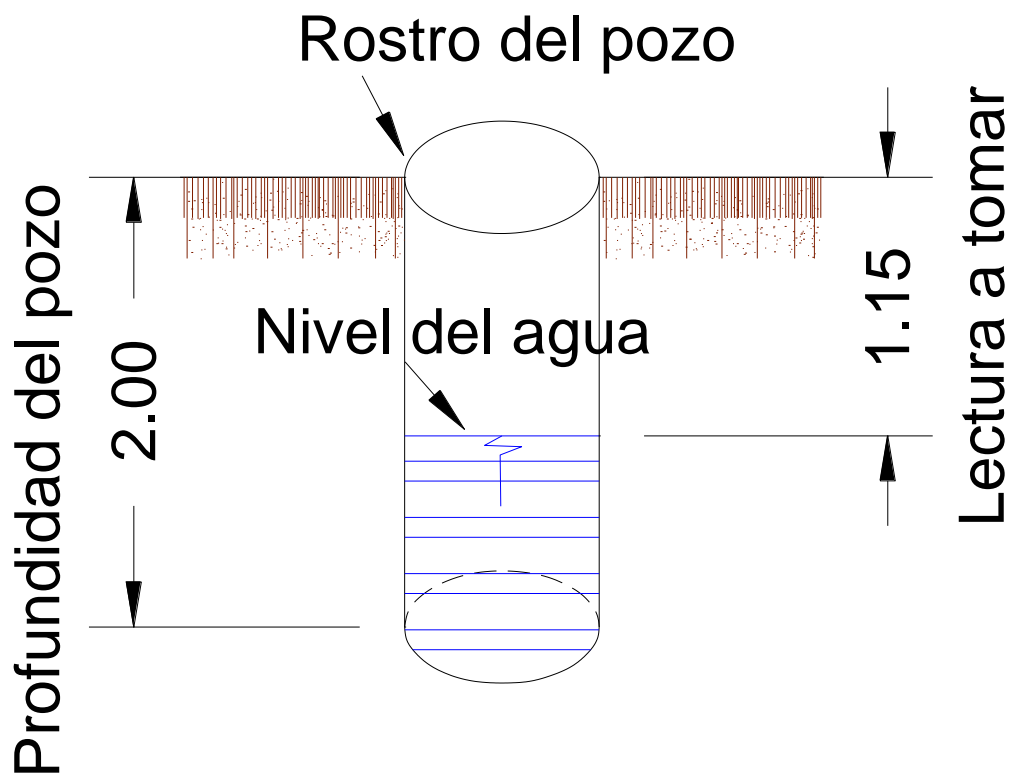


Figura. 9 Esquema de toma de datos de nivel freático para las actividades de campo en las fincas del Ingenio la Unión

3.2.2.5 Tabulación de los datos

Los datos se tabularon en una hoja de cálculo de Excel versión 97/2003 debe nombrarse la hoja con el nombre de la finca y el periodo de zafra (Ejemplo: LA CONFIANZA ZAFRA 2011-12) y el archivo se guardo también con el nombre de la finca, (Ejemplo: LA CONFIANZA POZOS ZAFRA 2011-12). La unidad de medida debe fue en metros.

A continuación la descripción de las columnas:

Id = es el numero de pozo.

LOTE= es la ubicación en donde se encuentra el pozo.

Profundidad pozo= es la profundidad que tiene el pozo.

Se utilizó el mismo archivo para guardar las lecturas de las siguientes semanas hasta finalizar la época de lluvia.

En el caso de pozos robados o quebrados se dejó la lectura vacía y en la columna profundidad pozo se anotó: (quebrado) o (robado). No agregar ninguna columna ni filas, ni mucho menos títulos al archivo que proporcionó el departamento de ingeniería agrícola. Los datos se tabularon de la siguiente forma:

Id	LOTE	Profundidad pozo	7-Jun-11 Lectura	14-Jun-11 Lectura	21-Jun-11 Lectura	28-Jun-11 Lectura
1	1-01	2.00	0.50	0.54	0.58	0.63
2	2-02	2.00	0.75	0.81	0.87	0.94
3	2-05	2.00	1.15	1.24	1.34	1.45
4	2-07	Robado				
5	3-01	2.00	2.00	2.16	2.33	2.52
6	3-03	2.00	0.50	0.54	0.58	0.63
7	3-08	2.00	0.25	0.27	0.29	0.31
8	4-01	2.00	0.35	0.38	0.41	0.44
9	4-05	Quebrado				
10	4-03	2.00	0.85	0.92	0.99	1.07

Figura 10. Ejemplo de hoja de tabulacion de datos para la elaboracion de los mapas tematicos de control de nivel freatico

Se tomó la decisión de utilizar un sólo archivo y agregar las semanas para evitar que la información se pierda y para que al final de esto se obtuvo un promedio de todas las lecturas.

3.2.2.6 Entrega de la información recaudada en las fincas

El archivo con la información que se obtuvo de campo se entregó al dibujante calculista del departamento de ingeniería agrícola en una memoria USB o bien puede enviarlo por e-mail. La fecha de entrega fue 1 o 2 días después de haber tomado todas las lecturas de los pozos debido a que los mapas fueron actualizándose semanalmente por lo que en el momento que estos se tomaban en la finca se llevaban hacia el ingenio para descargarlos en las computadoras de las oficinas de ingeniería agrícola.

3.2.2.7 Recepción de la información:

La información que recibió el dibujante calculista se guardó en la siguiente carpeta:

C:\ISOBATAS ZAFRA 2011-12\RECEPCION DE INFORMACION\ZONA 1\
 C:\ISOBATAS ZAFRA 2011-12\RECEPCION DE INFORMACION\ZONA 2\
 C:\ISOBATAS ZAFRA 2011-12\RECEPCION DE INFORMACION\ZONA 3\
 C:\ISOBATAS ZAFRA 2011-12\RECEPCION DE INFORMACION\ZONA 4\

Con esta información se realizó un chequeo en el cuadro de fincas del ingenio dependiendo de qué dato se recibió y en qué momento

Cuadro29. Ejemplo de control de informacion recibida de las fincas para la elaboracion de mapas de nivel freatico

ORDEN	ZONA	CODIGO	FINCA	ADMINISTRADOR
1	1	9	CRISTOBAL I	RENE SANTIZO
2	1	10	CARRIZAL	RENE SANTIZO
3	1	16	CRISTOBAL II	RENE SANTIZO
4	1	26	SANTA RICARDA	LEONEL OCHOA
5	2	11	GUANIPA	EDUARDO DELCID
6	2	15	REFUGIO VIEJO	LEONEL HERNANDEZ
7	2	31	RIO AZUL	SANTOS QUINTANA
8	2	35	SAN CARLOS II	EDUARDO DELCID
9	2	36	LA CONFIANZA	EDUARDO DELCID
10	2	60	REFUGIO NUEVO	LEONEL HERNANDEZ
11	3	3	LAS PALMAS	CARLOS BARRIOS
12	3	6	SAN FRANCISO	ALVARO MEJIA
13	3	17	MONTE ALEGRE	EDWIN RUANO
14	3	19	LA COQUETA	CARLOS BARRIOS
15	3	29	VIRGINIA	CARLOS BARRIOS
16	3	33	SAN CARLOS I	CARLOS BARRIOS
17	3	34	SAN LUIS	ALVARO MEJIA
18	3	58	MANACALES	ALVARO MEJIA
19	4	64	NUEVA IRLANDA	HUGO POLANCO

3.2.2.8 Proceso de la información:

Para procesar la información se tomó el archivo recibido de una de las 22 fincas que se tomaron en cuenta y se elaboro el siguiente cuadro para la definición de pozos y lectura

Cuadro 30. Identificación de los pozos y lectura de los mismos en la elaboración de mapas temáticos de control de nivel freático

Id	Lectura
1	0.50
2	0.75
3	1.15
4	1.90
5	2.00
6	0.50
7	0.25
8	0.35
9	0.45
10	0.85

Y se guarda en la siguiente carpeta con el nombre indicado:

C:\ISOBATAS ZAFRA 2011-12\LA CONFIANZA 07JUN2011.XLS

3.2.2.8.1 Digitalización de los drenajes de las fincas del ingenio la Unión

El control del nivel freático en el ingenio conlleva muchas actividades como la realización de drenajes, si esto no se hace el agua que queda acumulada en las partes más bajas de las fincas hace que la plantilla o la soca no crezca generándole pérdidas millonarias al ingenio

La práctica de los drenajes ayuda a disminuir la acumulación de agua y para esto es necesario conocer el comportamiento del nivel Freático

Actualmente no se contaba con mapas de drenajes para el ingenio por lo cual era difícil plantear el diseño correcto de campo en las actividades de gabinete, gracias a la creación de los mapas temáticos del control de nivel freático ahora es posible la realización de capas de drenaje las cuales serán utilizadas para implementar de mejor manera el diseño de campo

Cada finca que contiene los pozos de observación queda registrada como un mapa versión jpg del cual se extraerá la información para el informe

Cuadro31. Información extraída del mapa de la Finca Santa Ricarda Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa Escuintla para la evaluación del nivel freático

ORDEN	ADMINISTRADOR	ZONA	FINCA	SEMANA	FECHA	AZUL OSCURO	AZUL CLARO	CELESTE	VERDE	ROJO	AREA Ha.	OBSERVACIONES	RESPONSABLE	FECHA ELABORACION
						0 - 0.25	0.25 - 0.50	0.50 - 0.75	0.75 - 1.00	> 1.00				
1	RENE SANTIZO	1	CARRIZAL	1RA. OCT 2010	04-Oct-10	293.19	122.77	100.12	60.84	53.61	630.53	NINGUNA	BAQUINO	03-Nov-10
2	RENE SANTIZO	1	CRISTOBAL 1	1RA. OCT 2010	04-Oct-10	63.22	66.43	43.54	26.93	61.81	261.93	NINGUNA	BAQUINO	03-Nov-10
3	RENE SANTIZO	1	CRISTOBAL 1	2DA. OCT 2010	12-Oct-10	213.98	41.58	4.98	1.12	0.00	261.66	NINGUNA	KNUFIO	03-Nov-10
4	RENE SANTIZO	1	CRISTOBAL 2	1RA. OCT 2010	04-Oct-10	6.68	13.75	23.88	4.94	0	49.25	NINGUNA	BAQUINO	03-Nov-10
5	RENE SANTIZO	1	CRISTOBAL 2	2DA. OCT 2010	12-Oct-10	14.87	26.88	7.46	0.00	0.00	49.21	NINGUNA	KNUFIO	03-Nov-10

Con la información que se genero en los mapas se realizo el cuadro 3. Que ejemplifica la forma en la que se trabaja la información de salida calculando las áreas de riesgo que tienen la mayor cantidad de agua así como las áreas que no tienen mayor riesgo en el Ingenio

Para la presentación final de la información debe elaborarse una gráfica que contenga los datos de lluvia por cada semana y los resultados obtenidos de las isobatas, ejemplo:

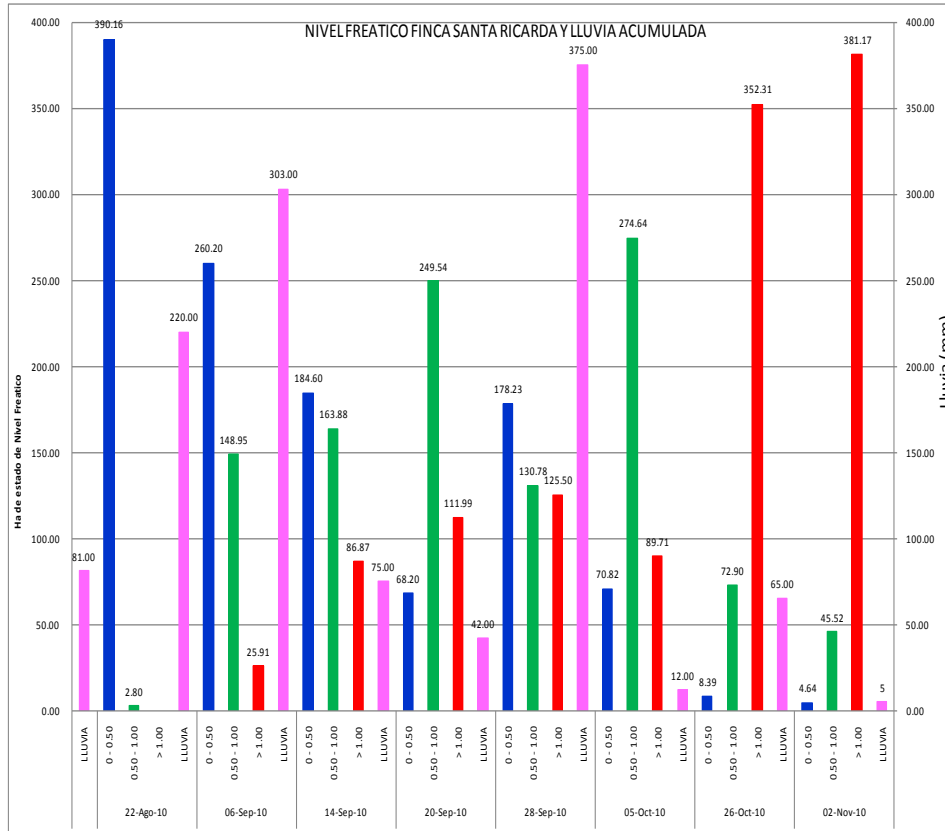


Figura 11. Gráfica presentada en el informe final de evaluación de nivel freatico de la finca Santa Ricarda, Ingenio la Unión Santa Lucía Cotzumalguapa Escuintla

3.2.3 Resultados

Las actividades que conllevan el control de nivel freático como la realización de las ISOBATAS o la elaboración de drenajes en las fincas son de suma importancia ya que permiten que la planta pueda crecer más fácilmente debido a que no se acumula el agua en los pantes y la planta no se estresa por exceso de agua

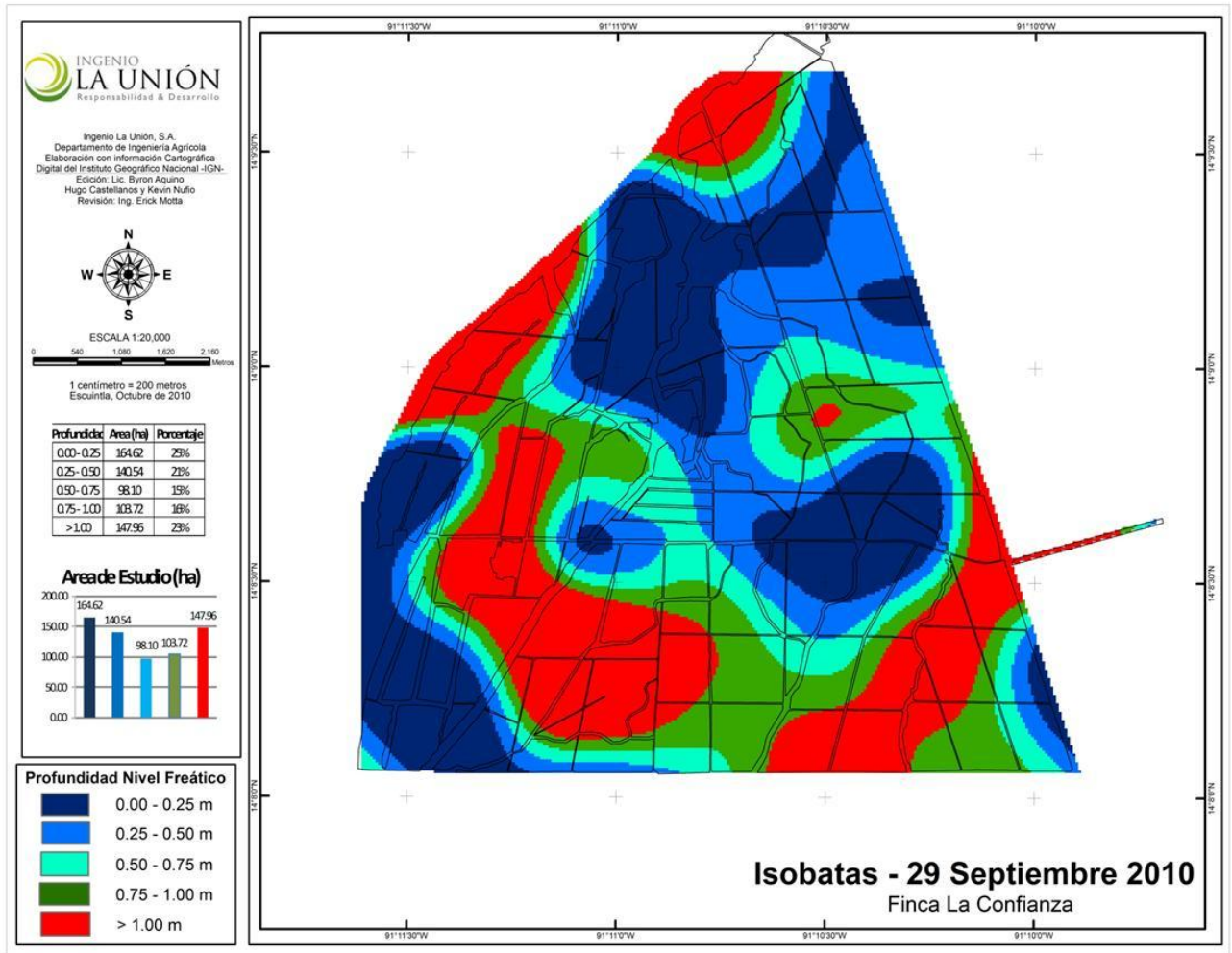


Figura 12. Mapa de Isobatas para el control del nivel freático en la finca La Confianza, Ingenio la Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla

3.2.4 Evaluación

- Se realizaron 203 mapas temáticos de evaluación del nivel freático (Mapa de Isobatas) en los meses lluviosos de Agosto a Diciembre del 2010
- Se evaluó el nivel freático semanalmente utilizando los mapas temáticos que se crearon para el servicio
- Se elaboro el reporte de las 22 fincas que fueron evaluadas en el nivel freático y se dio a conocer por medio de graficas que explican el comportamiento de la cantidad de agua acumulada en las fincas para luego tomar la decisión de en qué lugar encaja mejor cada drenaje realizado en cada una de las fincas de estudio.

3.3 Elaboración del Documento de Unidades de Manejo (Microcuencas) para su utilización posterior en el diseño de campo

3.3.1 Objetivos

Elaborar el documento de Unidades de Manejo (Microcuencas) para ser utilizado posterior en las actividades de diseño de campo

3.3.2 Metodología

3.3.2.1 Elementos

Los mapas de Unidades de Manejo se realizan en base a fotografías aéreas y las capas de mapas base de SIG del ingenio en los cuales se puede observar las barreras físicas como drenajes y calles de ruta cañera estas barreras delimitan cada una de las zonas de las microcuencas separándolas de otras áreas a las que no se les puede dar el mismo manejo ya que la distancia a la que están los pantos por las barreras físicas no permiten que estos puedan ser manejados conjuntamente

3.3.2.2 Procedimiento de digitalizado

En la fotografía aérea se sobrepone la capa de los mapas base de la finca que se está trabajando esta capa transparente nos sirve para observar los límites digitalizados de las barreras físicas para luego ingresar en la base de datos en cada uno de los pantes la información a la Microcuencas que pertenece esta información va enumerada del uno hasta el número de Microcuencas que la finca tenga

Cada una de las Microcuencas es editada y evaluada en el campo con el objetivo de observar cualquier pante cuyo diseño sea diferente y haya pasado por alto

3.3.2.3 Uso de las Microcuencas

Las Microcuencas o Unidades de Manejo son mapas temáticos cuya función es permitir a la persona que realiza el diseño de campo pueda observar los límites entre cada zona que tiene distintas Unidades con el fin de facilitar las decisiones que se toman al momento de realizar el diseño

3.1.1 Resultados



Gerencia Agrícola
Superintendencia de Campo
Ingeniería Agrícola

Documento de Unidades de Manejo
(Microcuencas)
Zafra 2010 – 2011

Escuintla, Noviembre de 2010
Sistemas de Información Geográfica, Dibujo, Cálculo y Edición
Lic. Byron R. Aquino C. y EPS Kevin Nufio
Revisión y Coordinación: Ing. Agr. Erick Motta

**Figura 13. Carátula del documento de Unidades de manejo (Microcuencas) para la zafra 2010-2011
Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla**

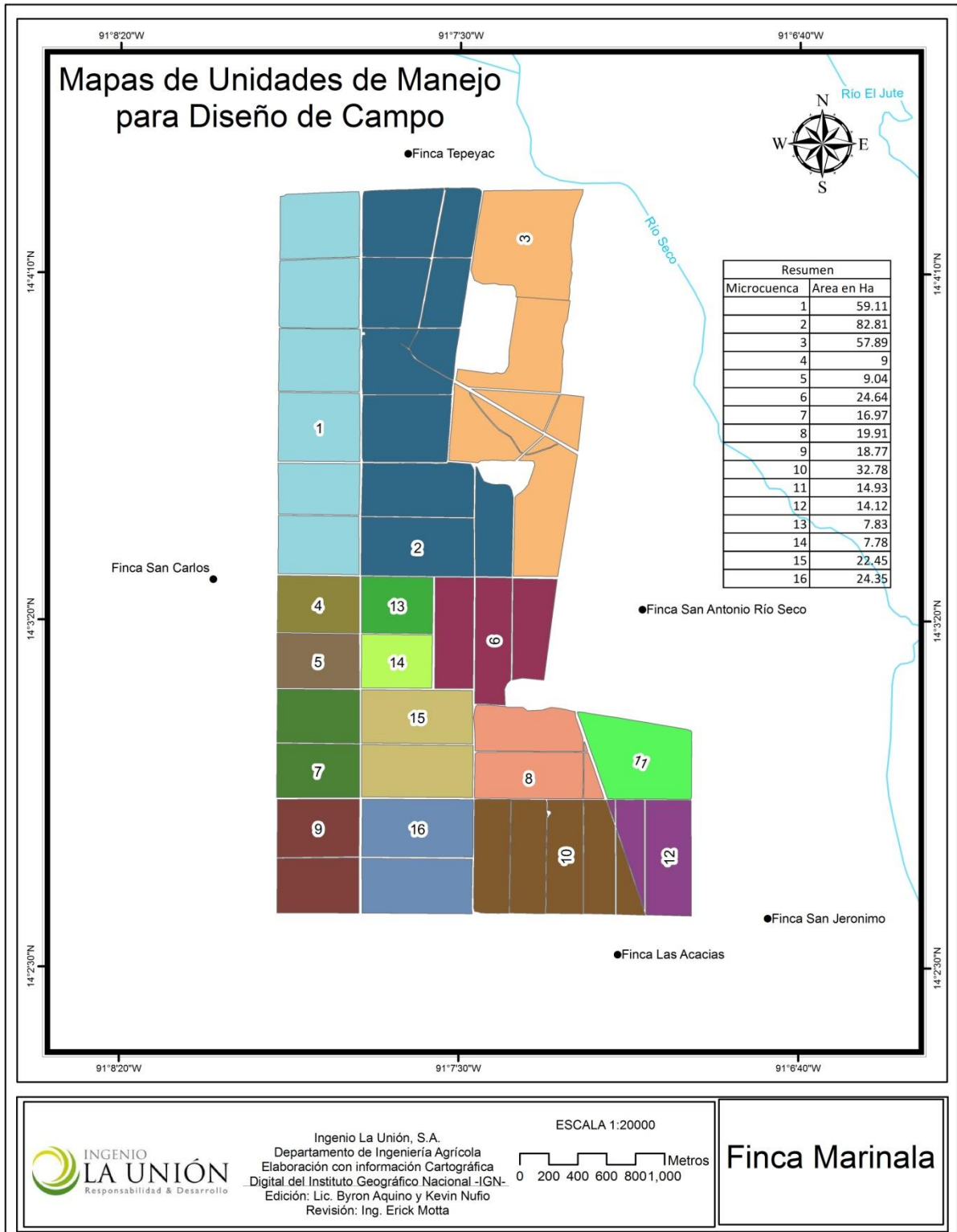


Figura 14. Mapa del documento de Unidades de manejo (Microcuencas) para la zafra 2010-2011 Finca Marinala, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Cuadro 32. Área de pantes y secciones de mapas de Unidades de Manejo (Microcuencas) para la zafra 2010-2011 Finca Marinala, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla

MICROCUENCA	Pante	Área Ha.
1	1-05	9.9
	1-06	10.95
	1-01	10.08
	1-03	10.76
	2-04	9.18
	2-03	8.24
total 1		59.11
2	2-05	11.53
	2-06	12.72
	1-07	3.41
	1-07	8.31
	2-08	6.95
	1-08	11.29
	1-04	8.49
	1-04	5.31
	1-02	4.99
	1-02	9.81
total 2		82.81
3	2-09	12.28
	2-02	3.5
	2-02	2.29
	2-01	6.3
	2-09	0.46
	5-02	11.16
	5-01	19.53
	2-01	2.37
total 3		57.89
4	2-11	9
total 4		9
5	2-12	9.04
total 5		9.04
6	2-16	8.79
	2-17	7.18
	2-15	8.67
total 6		24.64
7	3-03	8.42
	3-01	8.55
total 7		16.97

MICROCUENCA	Pante	Área Ha.
8	4-02	9.86
	4-03	1.12
	4-01	0.04
	4-01	8.89
total 8		19.91
9	3-05	9.62
	3-07	9.15
total 9		18.77
10	4-04	7.89
	4-08	2.39
	4-07	6.64
	4-05	7.85
	4-06	8.01
	total 10	
11	4-03	14.93
total 11		14.93
12	4-07	0.17
	4-08	3.71
	4-09	10.24
total 12		14.12
13	2-13	7.83
total 13		7.83
14	2-14	7.78
total 14		7.78
15	3-02	11.25
	3-04	11.2
total 15		22.45
16	3-06	13.04
	3-08	11.31
total 16		24.35

3.3.3 Evaluación

- Las unidades de manejo se realizan en base a los límites físicos que existen entre pantes por lo tanto son herramientas importantes para el diseño de campo debido a que delimitan el Área de estudio que se va a evaluar, con este fin es importante saber que los mapas de Unidades de manejo son herramientas para el diseño
- Se elaboro el documento de Unidades de Manejo con el fin de ser utilizado como una herramienta para facilitar el diseño de campo para la producción agrícola.
- Se calcularon todas las áreas de los pantes de las 45 fincas del ingenio la unión las cuales serán utilizadas para calcular los estimados y las producciones totales que se revisaran al principio y final de la zafra 2011-2012
- Se calcularon las Áreas y ubicación de las Microcuencas para ser utilizadas como un límite para el diseño de campo

3.4 Complementación y modificación de la Base de Datos de SIG para su utilización en el Sistema de Red de Carpetas Compartidas del Área de Campo para la elaboración de mapas temáticos para diferentes departamentos

3.4.1 Objetivos

- Complementar la base de datos de sig para su utilización
- Creación de mapas temáticos con la información que se tiene de la base de datos
- Modificar la base de datos para la utilización

3.4.2 Metodología

3.4.2.1 *Ingreso de la base de datos*

Se realizó el ingreso de diferente información a la base de datos como Microcuencas, Grupos de similar manejo, Nichos de variedades etc. Esto se lleva a cabo por medio de los programas de SIG

3.4.2.2 *Recopilación de información*

La información ingresada a la base de datos se recopila en el campo donde luego es pasada a tablas de Excel por una persona encargada, posteriormente los datos sean llevados a la oficina de ingeniería agrícola sean ingresados a la base de datos de SIG, para tener la información disponible para que la gente pueda utilizarla en el momento que lo necesite.

3.4.2.3 *Reordenamiento de la base de datos*

Para que la base de datos pueda ser utilizada de forma ordenada y concisa es necesaria la utilización y creación de códigos de serie para cada parte, además esto es importante debido a la necesidad de tener un sistema de ordenamiento para utilizar el programa de la base de datos en la red de carpetas compartidas

3.4.2.4 Redefinición de la base de datos por una geodata base

Las geodata base son bases de datos que permiten el manejo y actualización de los datos de una manera más eficaz además de esto es posible utilizar la geodata base para almacenar información de campo por lo que esta se utiliza con un sistema nuevo, este sistema es Acces esto permite compartir la tabla de datos de los SIG para que los usuarios del área de campo puedan tener acceso a la información que se está trabajando en la actualidad

3.4.2.5 Edición de los mapas temáticos

Por último se realizo la edición de dos documentos de mapas temáticos con los cuales se aborda la posibilidad de tomar en cuenta la información que existe en la base de datos como herramienta para la toma de decisiones en el ingenio

Los mapas temáticos son, como su nombre lo dice, mapas destinados a un sólo propósito por lo que ayudan en la toma de decisiones cumpliendo su papel en una labor estratégica.

3.4.2.6 Mapas de Grupos de Manejo

Los grupos de manejo se utilizan como guía para poder utilizar los suelos del ingenio estos grupos de manejo se obtuvieron de un análisis de suelo previamente hecho en el ingenio

Estos mapas servirán para darle manejo al suelo de una mejor manera

3.4.2.7 Mapas de Nichos de Variedades

Los nichos de variedades es la forma en que se le llama al mejor lugar en el que puede estar cierta variedad de caña de azúcar y que de esta manera se le saque más provecho por lo que la utilización de estos mapas ayuda a ubicar cada uno de estos lugares

3.4.3 Resultados



Gerencia Agrícola
Superintendencia de Campo
Ingeniería Agrícola

Documento de Mapas de Grupos de Manejo Zafra 2010 - 2011

Escuintla, Noviembre de 2010
Sistemas de Información Geográfica, Dibujo, Cálculo y Edición
Lic. Byron R. Aquino C. y EPS Kevin Nufio
Revisión y Coordinación: Ing. Agr. Erick Motta

Figura 15. Carátula del documento de Mapas de Grupos de Manejo para la zafra 2010-2011 Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

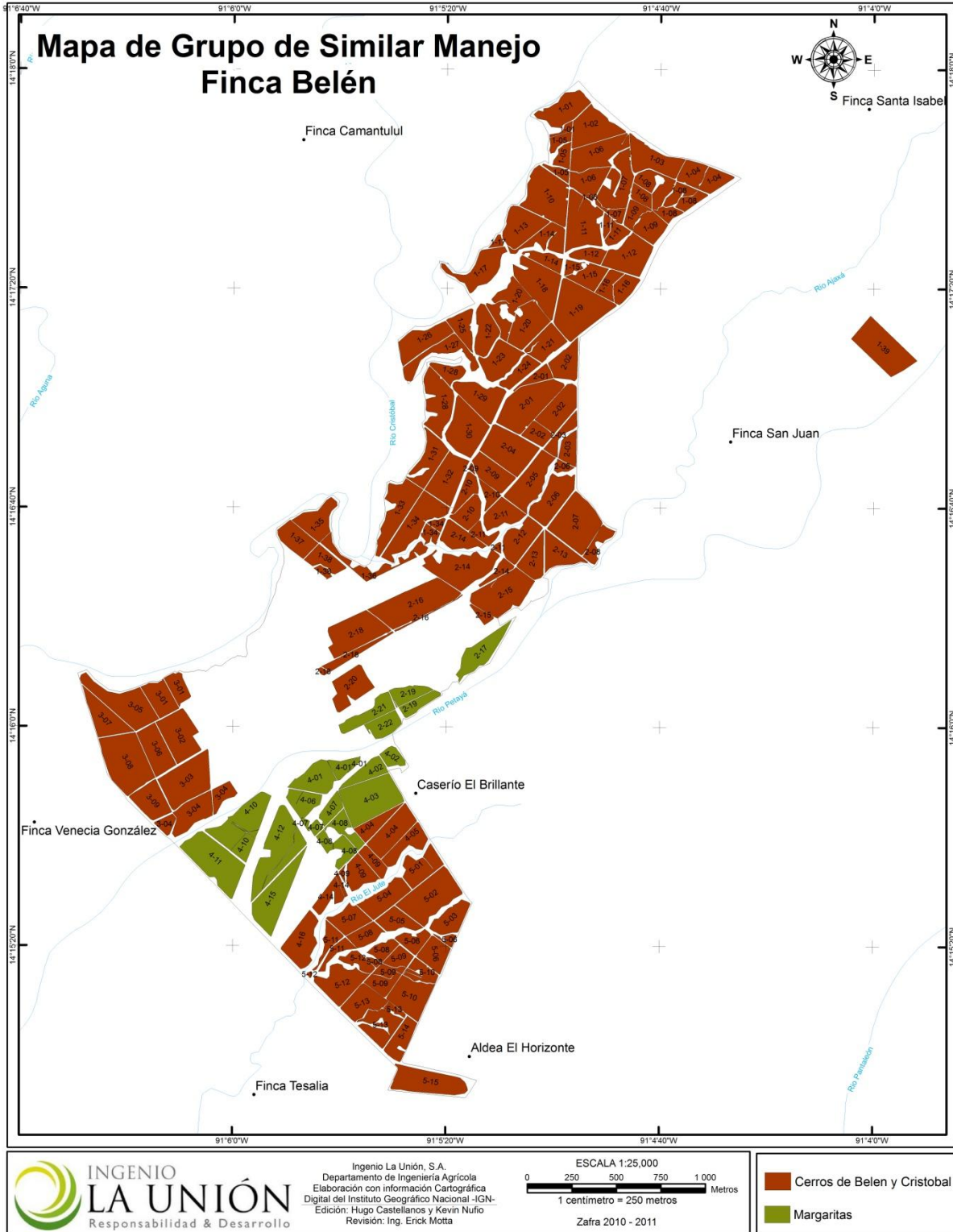


Figura 16. Mapas de Grupos de Manejo para la zafra 2010-2011 Finca Belén, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Gerencia Agrícola
Superintendencia de Campo
Investigación

**Documento de Nichos de
Variedades**
Zafra 2011-2012

Escuintla, Mayo de 2011

Sistemas de Información Geográfica, Dibujo, Cálculo y Edición

Lic. Byron R. Aquino C. y EPS Kevin Nufio

Revisión y Coordinación: Ing. Agr. Erick Motta

Figura 17. Carátula del documento de Mapas de Nichos de Variedades para la zafra 2010-2011 Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

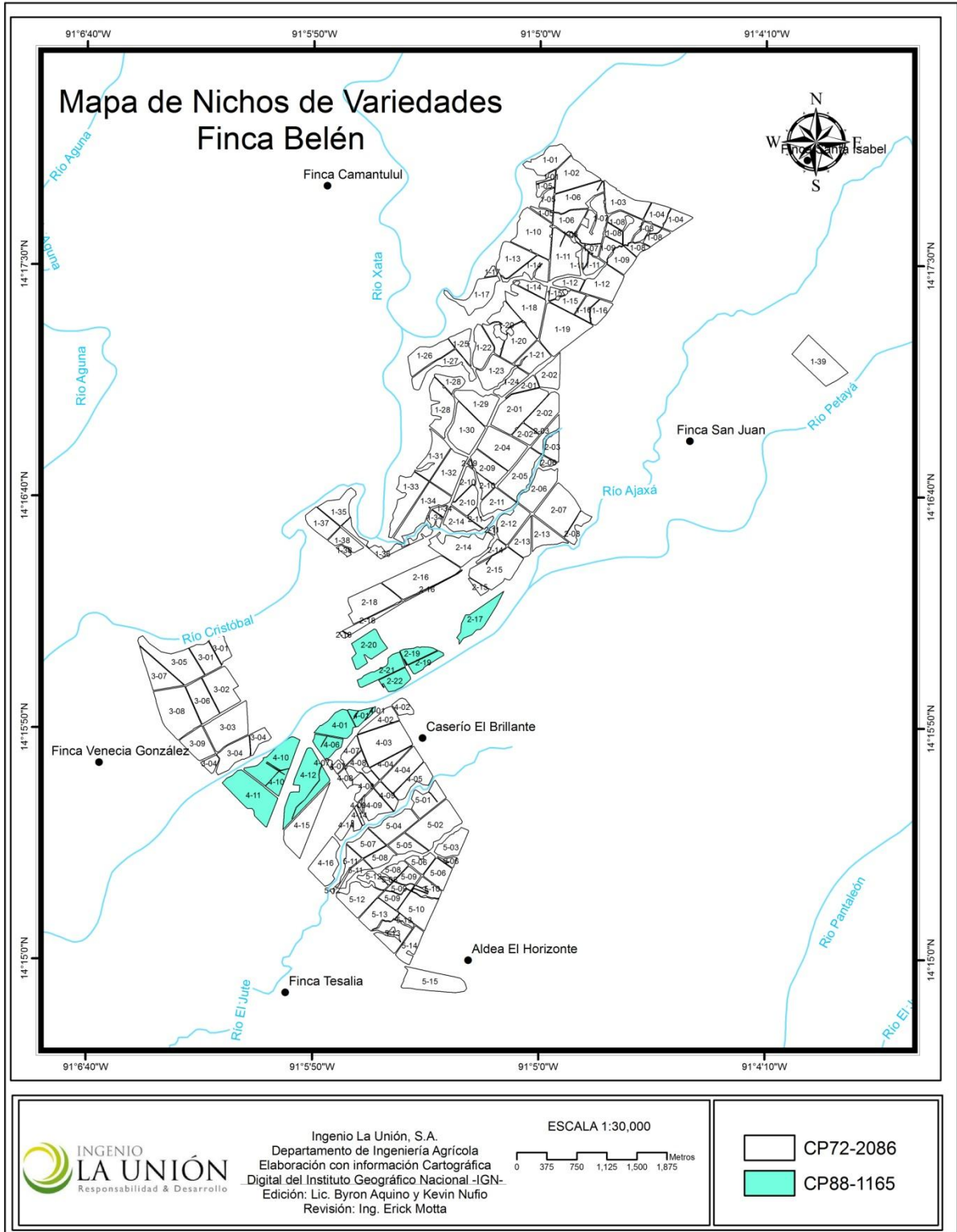


Figura 18. Mapas de Nichos de Variedades para la zafra 2010-2011 Finca Belén, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

3.4.4 Evaluación

- Los Sistemas de información Geográficos (SIG) ayudan al control y manejo de información a partir de bases de datos o geodatabases que sirven para trabajar de una forma más eficiente y más rápida por lo tanto es importante conocer que la elaboración de cada mapa temático realizado con la base de datos es de suma importancia para la planificación y toma de decisiones de las actividades del ingenio
- Se modificó la base de datos agregando mas información a esta debido a la necesidad de mantener un control sobre los temas que se trabajan en el ingenio como en nichos de variedades y grupos de similar manejo los cuales son datos que sirven para la toma de decisiones en plantación y cosecha de la caña. Con esta información complementada así como el ingreso de información diferente se elaboraron los mapas de nichos de variedades u de grupos de similar manejo los cuales fueron ubicados en sus respectivos documentos para su utilización en campo.
- Debido a la necesidad de mantener la información en constante actualización y disponible para las personas encargadas de la toma de decisiones en el ingenio, se convirtió la base de datos en una geodatabase la cual servirá para mantener los datos en línea en el sistema de red del ingenio, de esta manera las personas que utilicen esta información no necesitaran saber cómo utilizar los programas de información geográfica para tener acceso a los datos que se toman en campo y le permitirá a los dibujantes modificar datos en tiempo real para los departamentos