

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN
INFLUENCIA DE VETAS ARENOSAS EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE
AZÚCAR, FINCA MONTE ALEGRE, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS
EN INGENIO LA UNIÓN, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA,
GUATEMALA, C.A.

ÁLVARO BENJAMÍN RODRÍGUEZ CORADO

GUATEMALA, ENERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

INFLUENCIA DE VETAS ARENOSAS EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR, FINCA MONTE ALEGRE, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN 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

ÁLVARO BENJAMÍN RODRÍGUEZ CORADO
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, ENERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A; Cesar Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br. Ind. Milton Juan José Cana Aguilar
VOCAL QUINTO	P. Agr. Cristian Alexander Méndez López
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, ENERO DE 2017

Guatemala, enero de 2017

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: **Influencia de vetas arenosas en la producción de caña de azúcar, finca Monte Alegre, diagnóstico y servicios prestados en 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”

Álvaro Benjamín Rodríguez Corado

ACTO QUE DEDICO

A Dios:

Por darme sueños y sabiduría para poder cumplirlos.

A mis padres:

Erick Antonio Rodríguez Monterroso
Dina Corado Argueta

Por darme la vida y estar con migo en las buenas y en las malas, por ser la base de mis cimientos, y por creer en mí siempre, los amo.

A mis hermanas:

Sonia Maribel Rodríguez Corado
Erika Gabriela Rodríguez Corado
Dina Alejandra Rodríguez Corado

Gracias por estar siempre pendiente de mis actos, siempre están en mi corazón.

A mis sobrinas:

Jimena, Camila, Sofía.

A mi abuela:

Concepción Monterroso

Por ser una persona llena de amor y sabios consejos, gracias por ser parte de tu familia.

A mi novia:

Magda Elena Reyes Javier

Gracias por todo el amor y apoyo que me das, gracias porque tú fuiste parte de este proceso de mi vida, te amo con todo mi corazón.

A mis amigos:

Marlon Villeda, Walfred Bixcul, Diego López, Rosemary Moran, Sergio Morales, Walter Corado, Edgar Salguero, Erick Quesada Marielos Sigui, Edson Hernández, Ricardo, Sergio García, Cristian Rodríguez, Antonio Molina, Otto Palencia, Erick Reyes, Bruno Torres, Gabriela Guzmán, Jef Beck, Gimena, Fernando Xobin, Saulo Rendón, Gabriela Muñoz, Franco Burgos.

Gracias por su amistad y apoyo.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A Guatemala:

País de la eterna primavera.

A Universidad San Carlos de Guatemala:

Alma mater, y fuente de conocimientos y sabiduría.

A Facultad de Agronomía:

Por fórmame como profesional y darme sus conocimientos en el campo de Agronomía.

A Geografía y Forestaría:

Por darme las primeras experiencias en el campo como agrónomo y conocimientos de las nuevas tecnologías para la Agroindustria.

A Ingenio La Unión:

Por ser parte del final de un sueño y proceso tan importante en mi vida, gracias por recibirme en su empresa tan prestigiosa y exitosa en la agroindustria azucarera de Guatemala y el mundo.

AGRADECIMIENTOS

A Ing. Agr. Jorge Robles

Por su valiosa confianza y condicional apoyo que me brindo durante el periodo de mi EPS.

A Ing. Agr. Cesar Martínez Torres

Por su gran apoyo en el desarrollo de mi investigación, sus sabios consejos y gran experiencia en el campo como profesional.

A Ing. Guillermo Méndez

Por la confianza y amistad que me brindo durante mi EPS, gracias por confiar completamente en mí y darme la oportunidad de crecer como profesional en Ingenio La Unión.

A Ing. Agr. Jorge Sandoval

Por creer en mi trabajo como EPS, por darme la oportunidad de aprender de su gran conocimiento en la agroindustria azucarera de Guatemala y ser un verdadero ejemplo como profesional y persona.

A Ing. Víctor Azañón

Por darme la oportunidad de trabajar la presente investigación bajo sus grandes conocimientos de la agroindustria azucarera de Guatemala.

A Ing. Agr. Arturo Lam

Por el apoyo brindado en el desarrollo de la presente investigación en finca Monte Alegre.

Dr. Marco Vinicio Fernández:

Por el apoyo y asesoría en la ejecución de mi EPS.

A Ing. Agr. Daniel Dubon

Por su asesoría en los Sistemas de Información Geográfica durante el desarrollo la presente investigación.

A Ing. Agr. Guillermo Gonzales

Por su apoyo, confianza y amistad en la ejecución de mi EPS.

A Ing. Juan Pedro Quiñones

Por su amistad en Ingenio La Unión durante el periodo de mi EPS.

A Ing. Mariela Samayoa

Por su amistad en Ingenio La Unión durante el periodo de mi EPS.

A Ing. Pablo Figueroa

Por su amistad y consejos en la ejecución de mi EPS.

A Lic. Byron Aquino

Por sus brindarme sus conocimiento y experiencias en el campo de la Agronomía.

A Eder soto y Carmelino Rian

Por el apoyo brindado en el desarrollo de la presente investigación en finca Monte Alegre.

A personal del departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA) de Ingenio La Unión

Por su amistad durante mi EPS.

A Ingenio La Unión

Por darme la oportunidad de formarme como profesional.

i. ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
Índice de Figuras	v
Índice de Cuadros	ix
Resumen	xi
CAPÍTULO I.....	1
Diagnóstico de la situación actual del servicio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) prestado por el Departamento de Servicios de Información Agrícola al área de campo de Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivo Específico.....	4
1.3 METODOLOGÍA.....	5
1.3.1 Función y estado actual de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) dentro del Departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA).....	5
1.3.2 Bases de datos.....	6
1.3.3 Inventario cartográfico.....	6
1.4 RESULTADOS.....	7
1.4.1 Ubicación y descripción del área de estudio.....	7
1.4.2 Antecedentes del Departamento de Servicios de Información Agrícola.....	9
1.4.3 Función principal de los Sistemas de Información Geográfica para el área agrícola.....	18
1.4.4 Bases de datos.....	24

	Página
1.4.5 Inventario de información cartográfica digitalizada que el Departamento de Servicios de Información Agrícola puede generar actualmente.	25
1.5 CONCLUSIONES.....	28
CAPÍTULO II.....	29
Influencia de vetas arenosas en la producción de caña de azúcar, finca Monte Alegre, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A.	29
2.1 PRESENTACIÓN.....	31
2.2 MARCO TEÓRICO.....	33
2.2.1 Marco conceptual	33
2.2.2 Marco referencial	42
2.3 OBJETIVOS	55
2.3.1 Objetivo General.....	55
2.3.2 Objetivos Específicos	55
2.4 HIPÓTESIS	55
2.5 METODOLOGÍA	56
2.5.1 Medición de variables de producción de t/ha entre vetas de arena y suelo sin vetas de arena.	56
2.5.2 Ubicación de las unidades experimentales en mapas y campo	57
2.5.3 Unidad experimental.....	58
2.5.4 Variables de producción de t/ha a medir en el campo	60
2.5.5 Análisis de datos colectados	61
2.5.6 Determinación y evaluación de la producción de t/ha obtenida en áreas de vetas de arena versus áreas de suelo sin vetas de arena.	62
2.5.7 Muestreo de suelos y determinación de textura existente en T1 y T2 en cada área de estudio.	63
2.5.8 Instrumentos y materiales para la elaboración de calicatas	65

2.5.9 Envío de la muestra al laboratorio	66
	Página
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	68
2.6.1 Características generales y discusión del área de estudio.....	68
2.6.2 Perfil de las unidades experimentales estudiadas	68
2.6.3 Variables evaluadas sobre la producción de t/ha en los lotes de estudio.	72
2.7 CONCLUSIONES.....	89
2.8 RECOMENDACIONES	90
CAPÍTULO III.....	91
Informe final de servicios realizados en el departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA) de Ingenio La Unión S.A. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	91
3.1 PRESENTACIÓN.....	93
3.2 AREA DE INFLUENCIA	94
3.3 OBJETIVO GENERAL	95
3.4 SERVICIOS PRESTADOS.....	96
3.4.1 Primera aproximación de la clasificación del porcentaje de área influenciada con veta de arena sobre el lote en fincas bajo administración de Ingenio La Unión, S.A.	96
3.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	97
3.4.3 METODOLOGÍA.....	98
3.4.4 EVALUACIÓN Y CONSTANCIAS	103
3.4.5 Monitoreo del Rendimiento Potencial Kg/Tm (Core Sampler) mensual durante la Zafra 2014-2015.....	114
3.4.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	115
3.4.7 METODOLOGÍA.....	116
3.4.8 EVALUACIÓN Y CONSTANCIAS	118
3.5 BIBLIOGRAFÍA	128
3.6 ANEXOS	132

ii. ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	7
Figura 2. Porcentaje del área por zonas de producción de Ingenio La Unión	9
Figura 3. Vista de inicio de BIOSALC.....	11
Figura 4. Vista de GIS que brinda BIOSALC.....	13
Figura 5. Mapa de variedades desplegado en formatos PDF por BIOSAL	14
Figura 6. Vistas para reportes de cada departamento o área de trabajo	15
Figura 7. Vista de la ventana de SIA y los diferentes informes que reportes BIOSALC brindan a los usuarios.....	15
Figura 8. Nombre de fincas cargadas a la ventana de GIS que proporciona reportes BIOSALC.....	16
Figura 9. Tipos de mapas que reportes BIOSALC despliegan actualmente en formato PDF	16
Figura 10. Mapa graficado con leyenda de la variable seleccionada con un rango de fechas.....	17
Figura 11. Mapa electrónico con vista en Google Earth.....	20
Figura 12. Periodos de consulta de datos para generar cartografía.....	22
Figura 13. Mapa de localización y extensión del área de estudio, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.....	44
Figura 14. Mapa de finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.	46
Figura 15. Mapa de suelos, finca Monte Alegre Zafra 2014-2015.....	50
Figura 16. Mapa de vetas de arena, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.....	52
Figura 17. Mapa de sistema de riego en finca Monte Alegre, Ingenio La Unión. Zafra 201-2015.	53
Figura 18. Mapa de quincenas de cosecha, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.	54
Figura 19. Diseño de unidad experimental.....	58
Figura 20. Distribución de las unidades experimentales en los tratamientos 1 y 2.	59
Figura 21. Diseño de muestreo de suelos en unidad experimental.....	63
Figura 22. Mapa de lotes de estudio, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.....	67
Figura 23. Comparativo de tallos molederos por metro lineal, entre los lotes de estudio.....	73
Figura 24. Comparativo de longitud de tallos molederos entre lotes de estudio.	76
Figura 25. Comparativo de peso entre lotes de estudio.	78
Figura 26. Comparativo de Tm/ha entre lotes de estudio.....	81
Figura 27. Diferenciación de cobertura vegetal por coloración.....	100

	Página
Figura 28. Clasificación de las áreas de acuerdo al porcentaje de área de vetas de arena sobre el lote.	103
Figura 29. Ubicación de puntos de control de textura de suelos	105
Figura 30. Puntos de muestreo en diferentes tonalidades de la ortofotografía evaluada en el lote 4.020 de finca Monte Alegre.....	106
Figura 31. Mapa con fincas influenciadas por vetas de arena	108
Figura 32. Calculadora de campo de ArcMap	110
Figura 33. Fincas con áreas influenciadas por vetas de arena	111
Figura 34. Porcentaje de área influenciada con veta de arena por zona	112
Figura 35. Porcentaje de área influencia con veta de arena sobre el área total de Ingenio La Unión, (Zafra 2014-2015)	113
Figura 36. Base de datos de posibles variables que afectan el rendimiento potencial (Kg/Tm).	121
Figura 37. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de noviembre 2014.....	122
Figura 38. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de diciembre 2014.....	123
Figura 39. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de enero 2015	124
Figura 40. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de febrero 2015	125
Figura 41. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de marzo 2015.....	126
Figura 42. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de abril 2015.....	127
Figura 43A. Mapa de distribución de unidades experimentales en los diferentes tratamientos, finca Monte Alegre, lote 4.020, Zafra 2014-2015.....	132
Figura 44A. Mapa de distribución de unidades experimentales en los diferentes tratamientos, finca Monte Alegre, lote 7.160, Zafra 2014-2015.....	133
Figura 45A. Mapa de distribución de unidades experimentales en los diferentes tratamientos, finca Monte Alegre, lote 13.08, Zafra 2014-2015.....	134
Figura 46A. Inicio de plataforma de dibujo de ArMap de ArcGis	141
Figura 47A. Mosaico de fincas bajo administración de Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.	142
Figura 48A. Unión de base de datos al mosaico de fincas bajo administración.	143
Figura 49A. Selección de patrones similares para realizar el JOIN al archivo Shp.....	144
Figura 50A. Base de datos interna del nuevo archivo Shp para monitoreo de rendimiento potencial (Kg/Tm).	145
Figura 51A. Exportar datos para crear el nuevo archivo Shp de rendimiento potencial (Kg/Tm).	146

	Página
Figura 52A. Selección de categoría rango rendimiento, para pintar el mapa electrónico.....	147
Figura 53A. Mapa electrónico en formato Shp mostrando los rendimientos potenciales (Kg/Tm) en tres rangos.	148
Figura 54A. Exportar el mapa electrónico a formato KMZ para poder visualizarlo en el sitio web de Google Earth.....	149
Figura 55A. Archivo final con extensión KMZ para poder monitorear el rendimiento potencial (Kg/Tm) en una plataforma en línea de Google Earth.....	150

iii. INDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Distribución de áreas por zona de trabajo	8
Cuadro 2. Procedimiento para crear mapas electrónicos para el sitio de reportes BIOSALC.....	19
Cuadro 3. Inventario de la cartografía digital que se utilizaba actualmente en SIA.....	26
Cuadro 4. Inventario de fincas que Ingeniería Agrícola brinda a SIA en formato digital con extensión DXF.....	27
Cuadro 5. Nichos para siembra de variedades 2014-2015	35
Cuadro 6. Guía de preparación de suelos para grupos de similar manejo.....	36
Cuadro 7. Variedades de caña en lotes de estudio, finca monte alegre, ingenio la unión. Zafra 2014-2015.	47
Cuadro 8. Muestreo aleatorio simple en caña de azúcar.	57
Cuadro 9. Materiales y uso que se utilizaron en la elaboración y lectura de perfil del suelo en áreas de estudio.	65
Cuadro 10. Características y manejo agronómico general de los lotes evaluados.	69
Cuadro 11. Resumen de las clases texturales de cada horizonte encontrado en los tratamientos de estudio.	70
Cuadro 12. Prueba de “T” Student para la población de caña de azúcar.....	72
Cuadro 13. Prueba de “T” Student para la longitud de tallos molederos de caña de azúcar (m).	75
Cuadro 14. Prueba de “T” Student para la variable de peso en caña de azúcar (Kg).	77
Cuadro 15. Prueba de “T” Student para la variable de toneladas métricas de caña de azúcar.	79
	Página
Cuadro 16. Análisis textural, tratamiento 1, lote 4.020.	83
Cuadro 17. Análisis textural, tratamiento 2, lote 4.020.	84
Cuadro 18. Análisis textural, tratamiento 1, lote 7.160.	85
Cuadro 19. Análisis textural, tratamiento 2, lote 7.160.	86
Cuadro 20. Análisis textural, tratamiento 1, lote 13.08.	87
Cuadro 21. Análisis textural, tratamiento 2, lote 13.08.	88
Cuadro 22. Fincas bajo administración, Ingenio La Unión (Zafra 2014-2015).....	99
Cuadro 23. Áreas y porcentajes de vetas de arena en fincas bajo administración de Ingenio La Unión, zafra 2014-2015.	104
Cuadro 24. Clasificación del porcentaje de área influenciada por veta arenosa sobre el lote.....	109
Cuadro 25. Resumen de áreas influenciadas por vetas de arena.....	110

Cuadro 26. Base de datos de monitoreo de rendimiento potencial (Kg/Tm) por lote de producción.....	117
Cuadro 27. Clasificación del rendimiento potencial (Kg/Tm).....	119
Cuadro 28A. Análisis de medias para la variable de población por metro lineal, lote 4.020, prueba "T" Student	135
Cuadro 29A. Análisis de medias para la variable de longitud, lote 4.020, prueba "T" Student.....	135
Cuadro 30A. Análisis de medias para la variable de peso, lote 4.020, prueba "T" Student.....	136
Cuadro 31A. Análisis de medias de t/ha, lote 4.020, prueba t Student.	136
Cuadro 32A. Análisis de medias para la variable de población, lote 7.160, prueba "T" Student	137
Cuadro 33A. Análisis de medias para la variable de población, lote 7.160, prueba "T" Student	137
Cuadro 34A. Análisis de medias para la variable de peso, lote 7.160, prueba "T" Student.....	138
Cuadro 35A. Análisis de medias para las t/ha, lote 7.160.	138
Cuadro 36A. Análisis de medias para la variable de población, lote 13.08, prueba "T" Student	139
Cuadro 37A. Análisis de medias para la variable de longitud, lote 13.08, prueba "T" Student.....	139
Cuadro 38A. Análisis de medias para la variable de peso, lote 13.08, prueba "T" Student.....	140
Cuadro 39A. Análisis de medias de t/ha, lote 13.08, prueba "T" Student.....	140
Cuadro 40A. Resultados de análisis físicos del suelo, calicata sin veta de arena	151
Cuadro 41A. Resultados de análisis físicos del suelo, calicata con veta de arena	151

Influencia de vetas arenosas en la producción de caña de azúcar, Finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A.

Resumen

El Ejercicio Profesional Supervisado fue realizado en el departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA) del Ingenio La Unión, durante el período agosto – mayo 2015.

A través de un diagnóstico se determinó la situación actual del servicio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que el Departamento de SIA brinda a los usuarios del área agrícola de Ingenio La Unión.

El Departamento de SIA cuenta con una herramienta llamada BIOSALC la cual un usuario de dicho departamento la utiliza para generar información de campo en tiempo real, dicha herramienta de administración de datos alimenta a un sitio web llamado “reportes BioSalc”, el sitio web contiene una ventana llamada SIA, en la cual existe un hipervínculo llamado GIS, en este sitio los usuarios pueden generar mapas temáticos de plagas, variedades, producción, madurante y cosecha, en términos generales el Departamento de SIA provee información georreferenciada a los siguientes departamentos: Agronomía, Investigación Agrícola, Ingeniería Agrícola, Aplicaciones Aéreas, Cosecha Alce y Transporte (CAT), dicha información es plasmada en mapas temáticos con extensión PDF, KML y PNG.

Respecto a la investigación, se elaboró un protocolo y posteriormente se ejecutó la investigación titulada “Influencia de vetas arenosas en la producción de caña de azúcar, Finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A.” en la cual se evaluó la producción de toneladas métricas de caña por hectárea en zonas con vetas de arena versus áreas sin vetas, la investigación se desarrolló en finca Monte Alegre de Ingenio La Unión durante la zafra 2014-2015, se eligió dicha finca debido a que las áreas de producción están influenciadas por vetas de arena.

Para dicha investigación se seleccionaron tres lotes de producción con manejos agronómicos homogéneos entre sí (4.020, 7.160 y 13.08), y se establecieron dos

tratamientos llamados; T1 (suelos con vetas de arena) y T2 (suelos sin veta de arena), haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica y ortofotografías (MAGA 2006) se identificaron las áreas de vetas de arena por lote de estudio, y fueron ubicadas cinco unidades experimentales aleatoriamente dentro de cada tratamiento, 10 unidades por lote, haciendo un total de 30 unidades experimentales de estudio, estas fueron diseñadas con la siguientes medidas: 10 metros de largo y ancho de surco de caña. Las variables estudiadas y analizadas por medio de una prueba de medias, fueron las siguientes: población, longitud de tallo, peso y producción de toneladas métricas de caña por hectárea.

En términos generales se determinó que la producción de toneladas métricas de caña por hectárea disminuye al momento que el contenido de arena aumenta en la veta, debido a que las vetas presentan diferentes contenidos de arena entre ellas la variabilidad existe, por la textura del suelo. Por lo tanto es necesario un manejo agronómico diferente dentro de las vetas de arena para que la variabilidad de producción disminuya dentro de los lotes de estudio.

Además del diagnóstico y la investigación, se realizaron servicios para el área de campo y gerencia agrícola de Ingenio La Unión, entre estos están:

- 1) Primera aproximación de la clasificación del porcentaje de área influenciada con veta de arena sobre el lote en fincas bajo administración de Ingenio La Unión, S.A.
 - A. El servicio fue elaborado con el fin de tener digitalizadas y georreferenciadas las áreas con vetas de arena y obtener el porcentaje que influye la veta en la finca, el trabajo se realizó en fincas bajo administración de Ingenio La Unión para la Zafra 2014-2015.
- 2) Monitoreo del Rendimiento Potencial (Kg/Tm), mensual durante la Zafra 2014-2015.

- B. El servicio fue desarrollado para poder visualizar gráficamente a través de mapas electrónicos, el rendimiento potencial (Kg/Tm) por lote de producción, estos mapas se elaboraron cada fin de mes y fueron compartidos a los usuarios del área agrícola de Ingeni

1 CAPÍTULO I

Diagnóstico de la situación actual del servicio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) prestado por el Departamento de Servicios de Información Agrícola al área de campo de Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

1.1 PRESENTACIÓN

Actualmente las agroindustrias vinculadas con la Agricultura de Precisión (AP) recopilan una serie importante de datos como: análisis de suelos, cosecha, fertilizantes, madurantes, plagas, tipos de cultivo y producción con su respectiva ubicación geográfica, esto con el objetivo de almacenar, administrar, analizar y desplegar toda la información colectada en forma cartográfica para tener posibles respuestas a corto y largo plazo, y de esta forma disminuir la variabilidad en campo y aumentar la productividad del cultivo.

Ingenio La Unión, cuenta actualmente con el departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA), quienes son los que facilitan información de campo en forma de reportes a los usuarios del área agrícola, el objetivo es dar la información en tiempo real e histórica, debido al manejo de bases de datos de campo, este departamento maneja una pequeña sección de Sistemas de Información Geográfica dentro de un Software llamado BIOSALC, este administra y procesa información de campo en reportes a los usuarios de campo de Ingenio La Unión.

Dentro de este contexto y como estudiante de EPS, se realizó un diagnóstico en SIA para identificar el estado actual de los servicios de SIG que el departamento de SIA brinda al área agrícola, con la finalidad de saber si se utiliza toda su capacidad o bien se encuentra subutilizado. De esta manera se pueden proponer opciones de mejoras, soluciones e investigación para beneficio del rendimiento azucarero que maneja Ingenio La Unión.

El diagnóstico se realizó en el mes de agosto del año 2014, a continuación se presenta la metodología utilizada y los resultados obtenidos durante la realización del diagnóstico en el departamento de SIA de Ingenio La Unión.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Identificar el estado actual de los servicios de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que el departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA) brinda al área Agrícola, con la finalidad de saber si se utiliza toda la capacidad que el departamento posee.

1.2.2 Objetivo Específico

- A. Determinar cuál es la función principal de los Sistemas de Información Geográfica dentro del departamento de SIA para el área agrícola.
- B. Identificar el origen, almacenamiento, procesamiento y despliegue de datos georreferenciados que el departamento de SIA posee.
- C. Cuantificar la información cartográfica digital que posee actualmente el departamento SIA.

1.3 METODOLOGÍA

1.3.1 Función y estado actual de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) dentro del Departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA).

Para identificar la función y estado actual de los SIG, se desarrolló una caracterización general del servicio de SIG dentro del departamento de SIA, esta contiene información primaria (antecedentes del departamento y el servicio de SIG) y secundaria donde se lograron identificar todos los componentes fundamentales y necesarios para que los SIG funcionen.

La caracterización permitió obtener toda la información necesaria que el departamento de SIA proporciona para que los SIG se puedan desarrollar.

1.3.1.1 Caracterización del Departamento de Servicios de información Agrícola.

Los antecedentes del departamento de SIA, se determinaron por medio de entrevistas, en las cuales se colectó información de las herramientas con las cuales el departamento trabajaba los SIG, posteriormente se describió el uso actual de cada una de ellas.

Para determinar las funciones principales de los SIG en SIA, se entrevistó al jefe del departamento con preguntas básicas respecto al servicio que actualmente brindan los SIG al área agrícola, las preguntas fueron las siguientes:

- A. Departamentos del área agrícola que son apoyados con los SIG.
- B. Descripción de la construcción de mapas electrónicos de fincas.
- C. Formato en que los SIG son plasmados para que los usuarios los utilicen.
- D. Periodos en los cuales se pueden consultar los datos administrados en SIA a través de los SIG.
- E. Ventajas que los SIG brindan a los usuarios por medio del departamento de SIA.
- F. Deficiencias que los SIG presentan actualmente dentro del departamento de SIA.

1.3.2 Bases de datos

Se realizó una descripción general de las bases de datos más importantes que el departamento de SIA posee y son de uso para el área agrícola por medio de los SIG y se describió el origen general de toma de datos cualitativos y cuantitativos de campo

1.3.3 Inventario cartográfico

Se realizó un Inventario de cartografía digital actual que el departamento de SIA contiene, con el fin de saber si es utilizada al 100% por los usuarios que SIA les brinda información agrícola georreferenciada.

1.4 RESULTADOS

1.4.1 Ubicación y descripción del área de estudio

El diagnóstico se efectuó en el estrato medio de la zona cañera del Sur de Guatemala, en el departamento de SIA, finca Belén de Ingenio La Unión (ver figura 1).

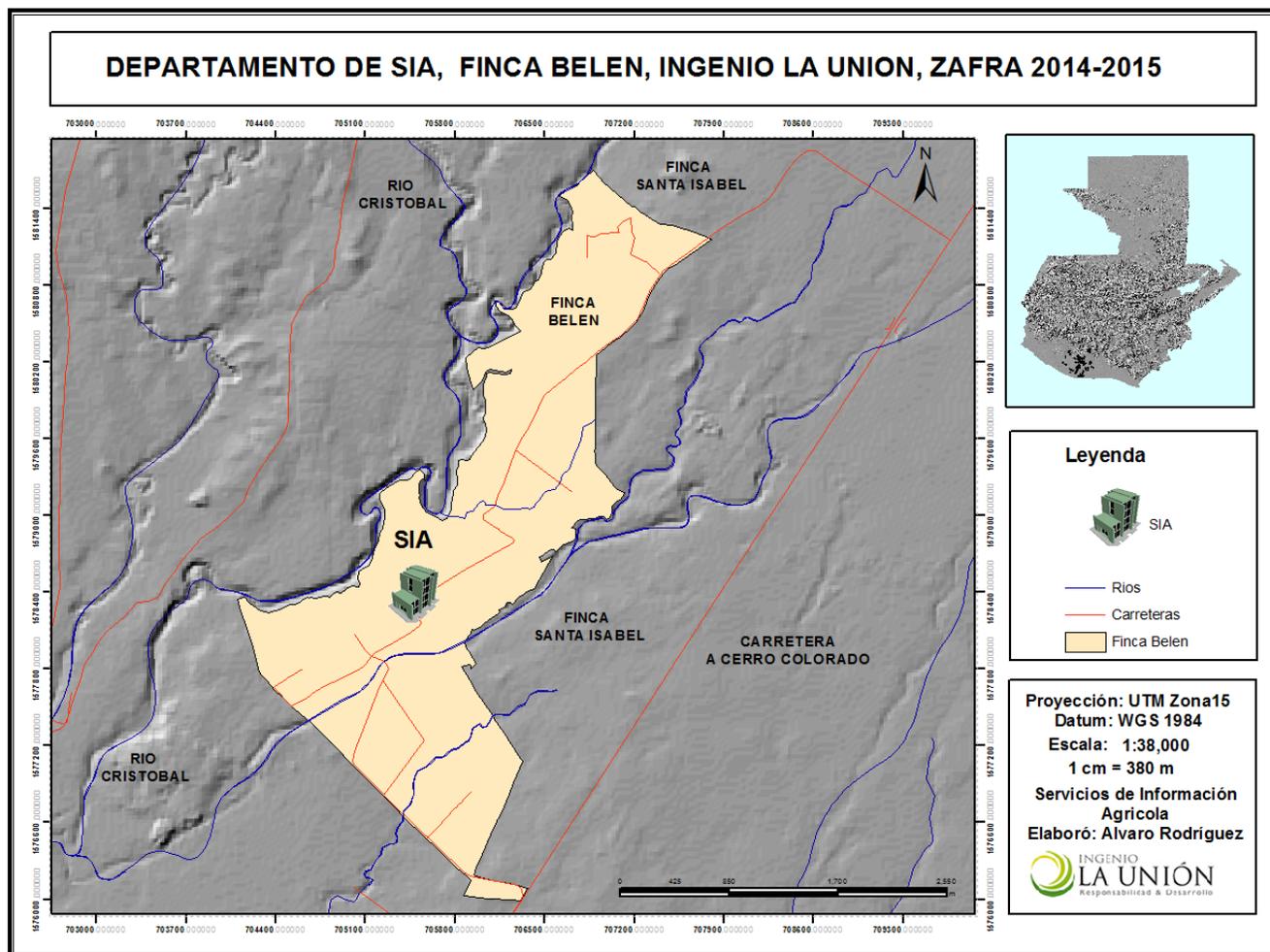


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

El estudio se realizó sobre el servicio de SIG que SIA brinda al área agrícola para las fincas bajo administración del Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa.

Ingenio La Unión cuenta actualmente con un área de **19,933.03** hectáreas, (zafra 2014-2015) y trabaja con cuatro zonas de administración, estas zonas están compuestas por 46 fincas las cuales 20 son propias y contienen el 55% de área y 26 fincas arrendadas que hacen el 45 % del total del área.

En el cuadro 1, podemos observar el área total por cada finca bajo administración de Ingenio La Unión para la zafra 2014-2015.

Cuadro 1. Distribución de áreas por zona de trabajo

ZONA	CODIGO DE FINCA	NOMBRE DE LA FINCA	AREA TOTAL
1	10	CARRIZAL	643.59
	13	EL TIGRE	48.02
	16	CRISTOBAL III	325.35
	2	LOS TARROS	1,199.36
	26	SANTA RICARDA	391.71
	4	MARGARITAS	1,066.96
	69	EL TIGRE PUERTAS	89.26
	8	BELEN	400.21
	9	CRISTOBAL 1	1,059.82
TOTAL ZONA 1			5,224.28
ZONA	CODIGO DE FINCA	NOMBRE DE LA FINCA	AREA TOTAL
2	11	GUANIPIA	511.15
	15	REFUGIO VIEJO	361.48
	20	BUENOS AIRES	94.38
	31	RIO AZUL	1,645.36
	35	SAN CARLOS III	346.39
	36	LA CONFIANZA	541.49
	39	LA UNION CAJON	198.95
	5	TEHUANTEPEC	1,569.14
	60	REFUGIO NUEVO	238.06
	62	RANCHO MARGARITAS LU	183.84
TOTAL ZONA 2			5,690.24
ZONA	CODIGO DE FINCA	NOMBRE DE LA FINCA	AREA TOTAL
3	17	MONTE ALEGRE	1,603.13
	19	LA COQUETA	139.88
	29	VIRGINIA	291.96
	3	LAS PALMAS	206.02
	33	SAN CARLOS I	227.84
	34	SAN LUIS	1,013.46
	57	LA ALEGRIA	118.15
	58	MANACALES	146.51
6	SAN FRANCISCO LU	442.65	
TOTAL ZONA 3			4,189.60
ZONA	CODIGO DE FINCA	NOMBRE DE LA FINCA	AREA TOTAL
4	18	LA PERLA LU	67.53
	23	MANGALES MAPAN UNION	118.59
	25	SOLOLA	284.26
	30	EL IDEAL	220.04
	32	PARCELAS NUEVA CONCEPCION	378.34
	38	PERALTA	441.59
	40	SANTA CLARA LAS ARENAS	209.98
	51	SANTA ELENA MAPAN	110.14
	52	SAN FRANCISCO MAPAN	200.17
	53	LA ESPERANZA	242.45
	56	EL NACIMIENTO	167.18
	59	SAN NICOLAS DE MALAGA	319.66
	64	IRLANDA	411.90
	65	PUYUMATE	355.15
	67	JABALI III	562.09
	68	SAN MIGUEL MAPAN	526.29
70	EL RECUERDO MAPAN	40.00	
71	SAN JOSE BUENA VISTA	173.55	
TOTAL ZONA 4			4,828.91

En la figura 2, muestra una gráfica la cual representa la distribución del área en porcentaje, esta área es únicamente de cultivo de caña de azúcar y está bajo la administración de Ingenio La Unión.

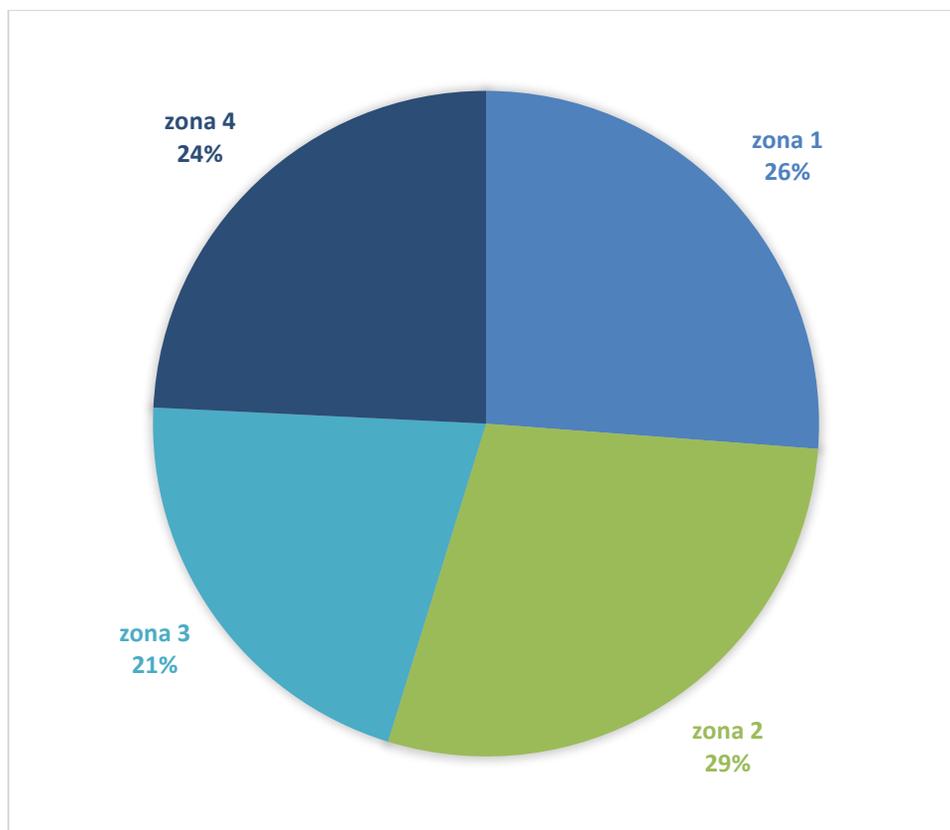


Figura 2. Porcentaje del área por zonas de producción de Ingenio La Unión

1.4.2 Antecedentes del Departamento de Servicios de Información Agrícola.

En el año 2009, se adquirió la herramienta de BIOSALC por el departamento de programación y control, para poder realizar planificación, ejecución y control de las actividades agrícolas de Ingenio La Unión.

Le llevó al departamento un año poder incorporar e implementar las bases de datos del Ingenio a la herramienta de BIOSALC para que se desarrollara una mayor eficiencia en la administración y control de datos.

El departamento de programación y control cambio su nombre el 04 de agosto de 2012 a Servicios de Información Agrícola (SIA), el objetivo del funcionamiento principal es el “Procesamiento y administración de datos e información organizados y listos para cubrir las necesidades de los usuarios en forma adecuada y amigable de manera que sean útiles en la toma de decisiones de todos los integrantes de la gerencia agrícola” (Jorge Sandoval 2012).

A partir de la zafra 2010-2011 el departamento de SIA planifica y controla las actividades agrícolas por medio de la plataforma de administración BIOSALC, esta herramienta cuenta con las siguientes actividades:

1.4.2.1 Actividades

- A. Planificación presupuestal en unidades a trabajar, recursos necesarios (hombres, máquinas, insumos, herramientas) y monetarios.
- B. Planificación semanal operativa para generación de órdenes de trabajo. calculo de viabilidad de ejecución según recursos disponibles.
- C. Asignación de recursos según criterios de productividad y calidad.
- D. Registros de horas máquinas, mano de obra e insumos.
- E. Valorización de los registros según reglas configurables por el usuario.
- F. Calculo de las eficiencias de utilización de maquinaria.
- G. Control de paradas de las máquinas e implementos.
- H. Riego: balance hídrico, registros de riego, control de infraestructura, costeo.
- I. Costeo de labores y de la materia prima (palma, caña).
- J. Costos por ha, por labor, por suerte y por otros muchos criterios.
- K. Acompañamiento plan – real.
- L. Control de viveros/semilleros.

- M. Costos de producción de la semilla.
- N. Control de asignación y durabilidad de herramientas

En la figura 3, se muestra la pantalla inicial de la herramienta BIOSALC.

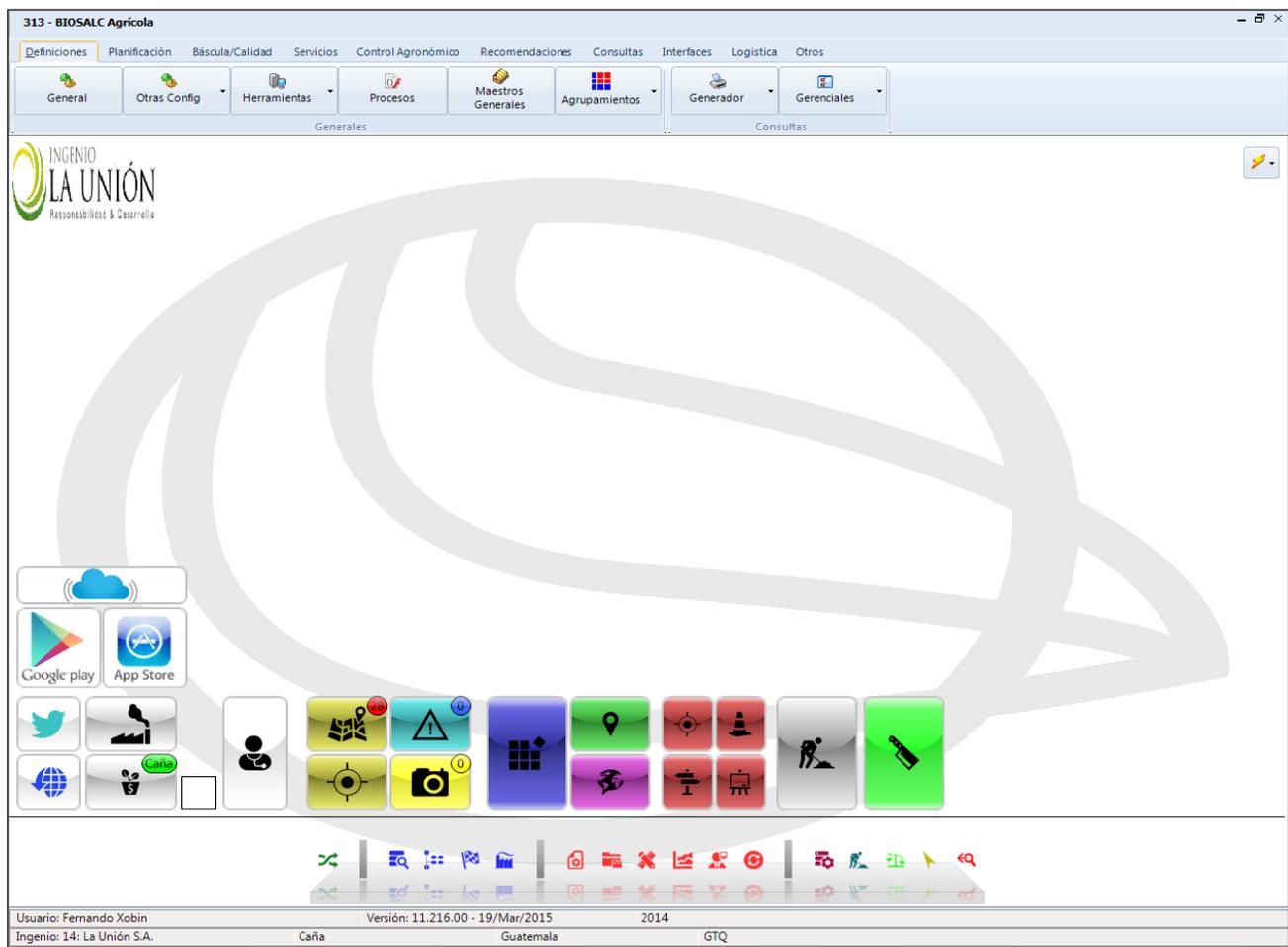


Figura 3. Vista de inicio de BIOSALC

1.4.2.2 Control Agronómico

- A. Registros de plagas, malezas y enfermedades.
- B. Programación y control de las visitas agronómicas.
- C. Registros de análisis (suelos, foliares, etc.).
- D. Registros climáticos (precipitación, temperatura, evapotranspiración y otros).
- E. Evaluación de calidad de ejecución de labores (opcional por trabajador).
- F. Control de pérdidas de plantas (cantidades y motivos).

1.4.2.3 Planificación de la Cosecha

- A. Programación y muestreo de los análisis de precosecha.
- B. Programación de cosecha basada en edades.
- C. Programación de cosecha basada en ciclos.
- D. Programación matemática basada en las curvas de maduración de las variedades.
 - a) Modelo de programación lineal con dos objetivos:
 - Maximizar pol en caña.
 - Maximizar margen de contribución.
- E. Programación de aplicación de madurantes.

1.4.2.4 Báscula / Control de Calidad

- A. Control de pesaje y calidad de la materia prima recibida.
- B. Registros y pago de los trabajadores que participaron de la cosecha.
- C. Control de centros de acopio o entrepuestos.
- D. Pesaje de productos terminados (alcohol, azúcar, aceite, otros).
- E. Pesaje de productos recibidos (Insumos, otros).
- F. Control del flujo de los vehículos dentro de la planta.
- G. Posibilidad de uso de básculas desatendidas.

1.4.2.5 Sistema de Información Geográfica (SIG)

- A. Permite la visualización a través de mapas de todas las informaciones registradas en el sistema agrícola a nivel de parcela (Lote).
- B. Creación de leyendas por el propio usuario.
- C. Creación de mapas temáticos coloridos.

- D. Posibilidad de importar mapas en formatos DXF, DWG (AutoCAD) o SHP (ESRI shapefile).
- E. Funcionalidades básicas tipo zoom in, zoom out, imprimir, entre otras.

En la figura 4, podemos observar la ventana de mapas que BIOSALC brinda en el sistema, de esta forma se pueden graficar los datos en mapas temáticos.

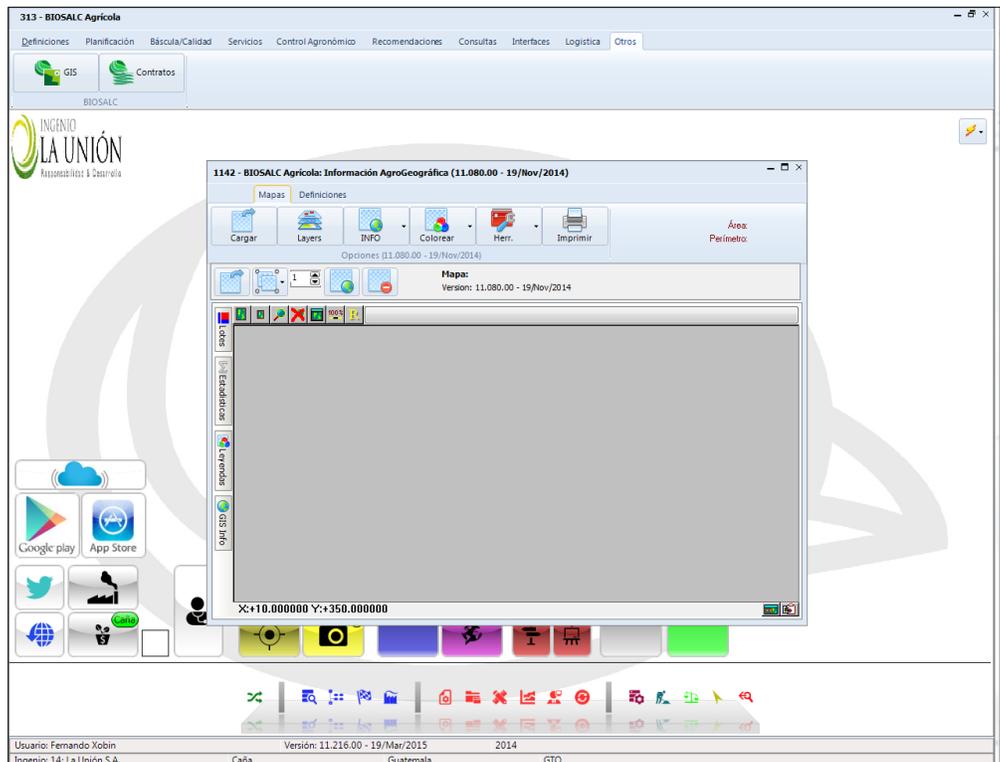


Figura 4. Vista de GIS que brinda BIOSALC

En la figura 5, muestra un ejemplo de un mapa temático de variedades, mapeado con las bases de datos internas que BIOSALC administra.

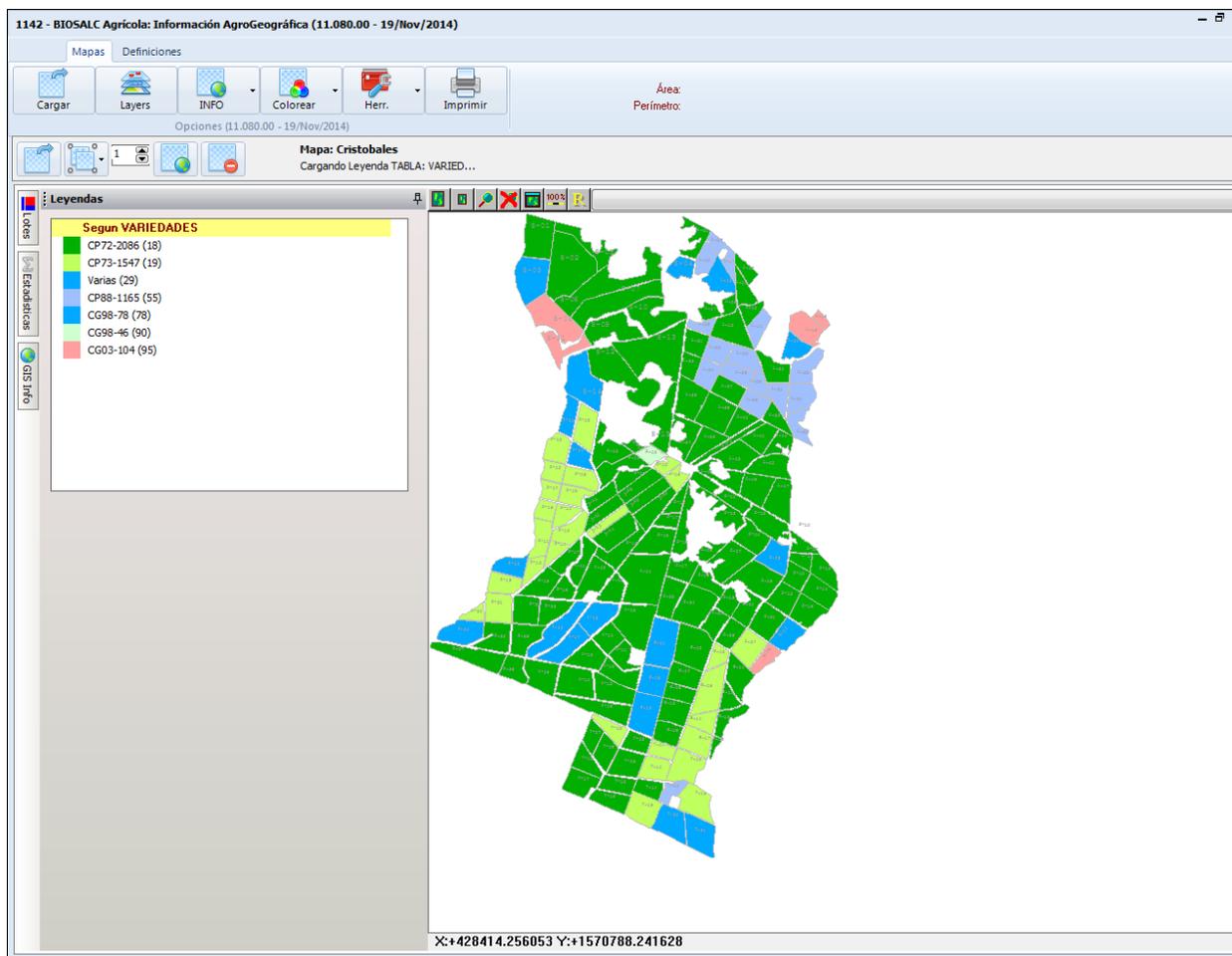


Figura 5. Mapa de variedades desplegado en formatos PDF por BIOSALC

En 2012 se creó la página Web de Reportes BIOSALC con el objetivo de establecer vistas donde los usuarios puedan consultar actividades agrícolas por medio de fechas establecidas, de esta forma los usuarios obtienen un reporte por actividad consultada, por lo tanto esta página está dividida actualmente con siete vistas con las cuales opera el Ingenio La Unión (ver figura 6).



Figura 6. Vistas para reportes de cada departamento o área de trabajo

El sitio Web de Reportes BIOSALC cuenta con una vista especial para crear reportes de tareas que se ejecutan dentro de SIA, esta vista contiene una sección en la cual se puede acceder automáticamente a la ventana de SIG, respecto a las bases de datos que administra el servidor de BIOSALC.

En las figuras 7, 8, 9 y 10 se presenta el funcionamiento de reportes de SIG dentro del sitio Web de Reportes BIOSALC.



Figura 7. Vista de la ventana de SIA y los diferentes informes que reportes BIOSALC brindan a los usuarios

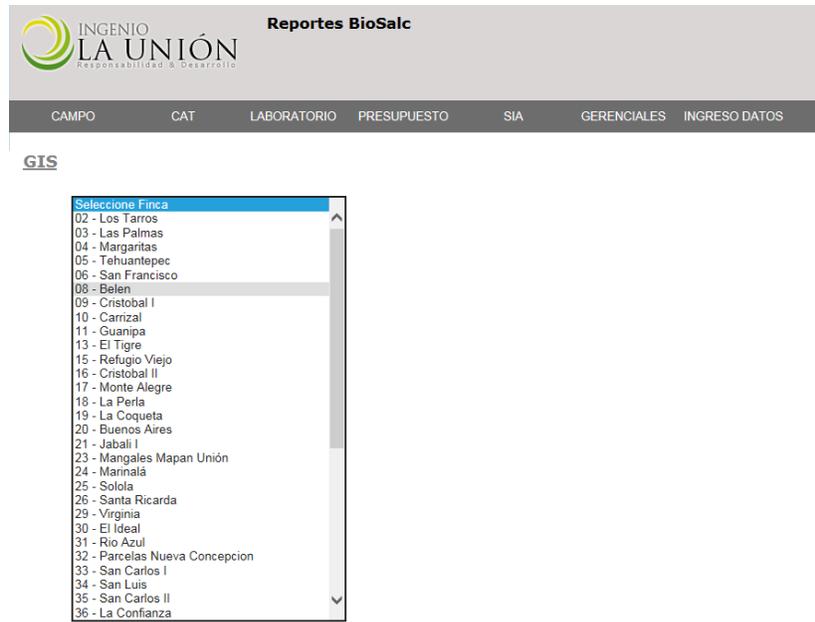


Figura 8. Nombre de fincas cargadas a la ventana de GIS que proporciona reportes BIOSALC



Figura 9. Tipos de mapas que reportes BIOSALC despliegan actualmente en formato PDF

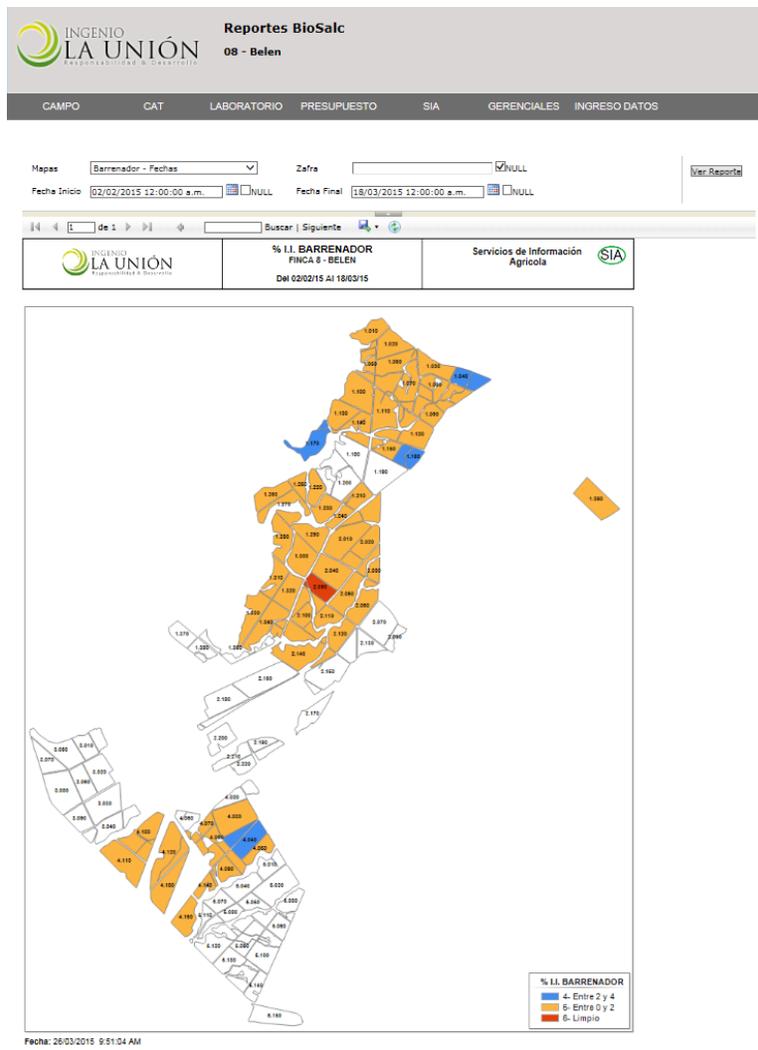


Figura 10. Mapa graficado con leyenda de la variable seleccionada con un rango de fechas.

En el mes de Octubre de 2014, el departamento de SIA adquirió el software ArcGis versión 10.2.2 de la compañía ESRI para análisis de datos, el objetivo de adquirir este software fue para poder realizar análisis de información georreferenciada a través de mapas, la diferencia entre la ventana de SIG de reportes BIOSALC y ArcGis, es que, ArcGis permite generar múltiples informes y análisis que predicen acciones en el cultivo, a través de la información de campo,

como por ejemplo: expansión de plagas, modelos de elevación digital del terreno, generación de información para topografía, etc.

1.4.3 Función principal de los Sistemas de Información Geográfica para el área agrícola

El funcionamiento de los sistemas de información geográfica dentro del departamento de SIA, es brindar al área agrícola cartografía automatizada y mecanizada por medio de Software y herramientas de análisis (Reportes BIOSALC y ArcGis) con las diferentes bases de datos que manejan los servidores de la herramienta BIOSALC.

1.4.3.1 Funciones principales de los Sistemas de Información Geográfica dentro del Departamento de Servicios de Información Agrícola.

A. Crear y actualizar los mapas electrónicos del sitio web de reportes BioSalc

Para que el sitio web de reportes BIOSALC pueda generar una cartografía, necesita de un mapa electrónico por finca, este mapa tiene que estar en una extensión SHP y posteriormente ser convertido con el programa de Microsoft Visual estudio a un archivo RDL el cual se sube a la plataforma de reportes BIOSALC y este colorea el mapa respecto al atributo que se le ordene.

En el cuadro número 2, presenta el procedimiento para llegar al archivo base RDL que el sistema necesita para operar.

Cuadro 2. Procedimiento para crear mapas electrónicos para el sitio de reportes BIOSALC.

No.	Operación	Descripción de la operación
1	Recepción de archivo <u>dx</u> (Analista SIG)	<ol style="list-style-type: none"> Se recibe el archivo <u>dx</u>, proporcionado por el dibujante calculista del departamento de ingeniería agrícola. Se guardan los archivos recibidos en una carpeta denominada GIS que se encuentra en el disco C.
2	Conversión del archivo <u>dx</u> a un archivo <u>shape</u> (Analista SIG)	<ol style="list-style-type: none"> Ingresar al programa ArcGis Seleccionar la opción add data para agregar el archivo <u>dx</u>, la cual abrirá una ventana donde se busca la carpeta denominada GIS y se selecciona el archivo que se quiere convertir a <u>dx</u>. Seleccionar el archivo y dar clip en add Una vez cargado el archivo en la tabla de contenido, se selecciona con clip derecho y se posiciona en la opción data. Seleccionar la opción Export data la cual automáticamente hará la conversión.
3	Identificación de cada polígono (lote) del archivo <u>shape</u> (Analista SIG)	<ol style="list-style-type: none"> La identificación del nuevo shape debe realizarse para cada polígono (lote) La identificación de cada polígono se realiza dentro de la tabla de atributos del archivo shape, se agregan columnas con los siguientes títulos, NOMBRE FINCA, NUMERO FINCA, NUMERO LOTE. A cada polígono se le asigna un nombre de finca, número de finca, y número de lote correspondiente. Identificado el archivo shape se procede a guardarlo en una carpeta plenamente identificado como GIS – que se encuentra en el disco C.
4	Traslado del archivo <u>Shape</u> al programa Microsoft visual estudio (Analista SIG)	<ol style="list-style-type: none"> Ingresar al programa Microsoft visual estudio Ejecutar el icono MAP-ESRI shapefile – browse el cual permitirá seleccionar y cargar el archivo shape que se encuentra almacenado en la carpeta identificada como GIS en el disco C.
5	Configuración del reporte (Analista SIG)	<p>Para crear el reporte se configura que incluya lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> Leyenda del reporte gráfico: clip derecho sobre el mapa – opción map-add legend e identificar cada atributo. El título del reporte gráfico: clip derecho sobre el mapa – opción map – add title. Se asignan los colores al polígono: clip derecho sobre el mapa – opción map – add layers – opción polygon color rule. Se configura la página del reporte gráfico: clip derecho sobre el mapa – opción map – view properties, donde se le dan los márgenes correspondientes. Se guarda el archivo: en una carpeta identificada como GISRAR localizada en el disco local C.
6	Traslado del archivo al departamento de T.I. (Analista SIG)	<ol style="list-style-type: none"> Una vez configurado el reporte se envía el archivo por medio de correo electrónico al departamento de T.I. para su publicación en el sitio reportes biosalc. https://reportesbiosalc.launion.com.gt/
7	Creación del reporte gráfico (Analista SIG)	<ol style="list-style-type: none"> Se abre en opción modify de SQL el store procedure identificado como: dbo.proyectogis, que se encuentra en la base de datos biosalc y en el servidor unisercbsalc. Para la creación del reporte gráfico se define en conjunto con el usuario las variables, unidades de medida aplicables y rango de clasificación para el reporte solicitado.
8	Prueba final de Reportes (Analista SIG)	<ol style="list-style-type: none"> Ingresar al link de reportes del sitio biosalc. https://reportesbiosalc.launion.com.gt/ Seleccionar la finca Seleccionar el parámetro a visualizar Corroborar que los datos asignados al reporte gráfico sean los correctos Revisar en conjunto con el usuario para cambios o aprobación del reporte.

B. Mapas temáticos en formato electrónico con extensión KMZ

El poder monitorear las actividades agrícolas planificadas desde la unidad más pequeña (lote) hasta el mosaico (unión de fincas) general de las fincas de Ingenio La Unión en un mapa electrónico con información digital de cada resultado, permite tener una perspectiva diferente del trabajo ejecutado durante una temporada (zafra).

Debido a la importancia que se tiene al evaluar los resultados georreferenciados por lote y finca, SIA brinda a sus usuarios un mapa con extensión KMZ que es posible visualizarlo y analizarlo en el sitio web de Google Earth, este mapa es desarrollado por medio de un analista de SIG en la herramienta de análisis de datos ArcGis.

En la figura 11, podemos observar un mapa electrónico en el sitio web de Google Earth elaborado en la herramienta de ArcGis con sus respectiva leyenda y atributos.

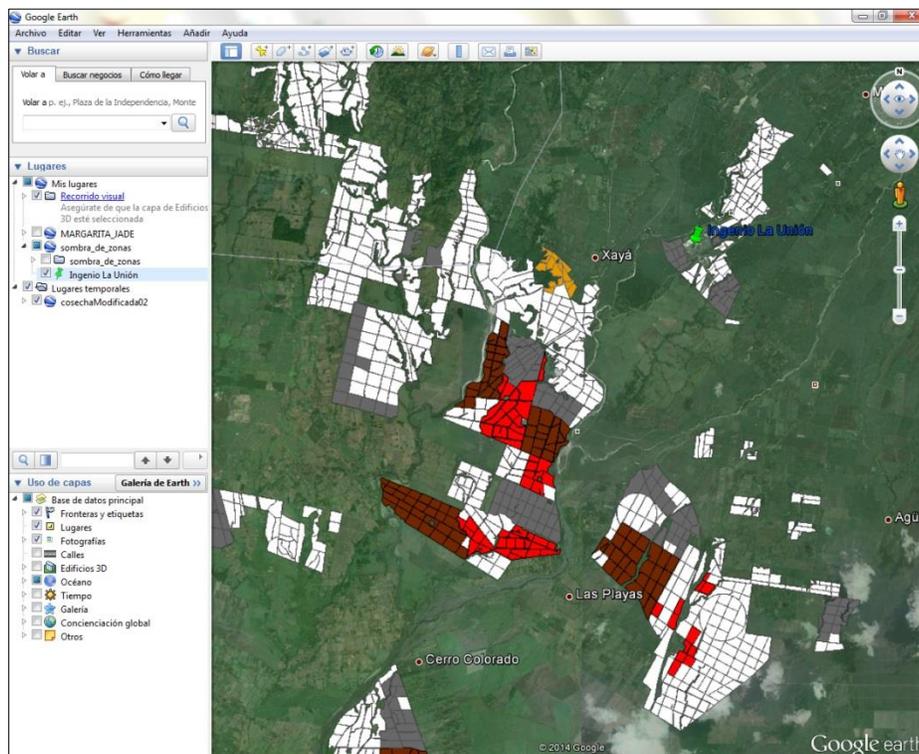


Figura 11. Mapa electrónico con vista en Google Earth

C. Departamentos del área agrícola que son apoyados con los SIG dentro del departamento de SIA.

- a) Aplicaciones aéreas
- b) Ingeniería agrícola
- c) Agronomía
- d) Investigación agrícola
- e) Cosecha
- f) Zonas de producción (fincas)
- g) Proveedores de caña

D. Formato en que los SIG son plasmados para que los usuarios los utilicen.

La cartografía que se genera a través del sitio web de Reportes BIOSALC y ArcGis se puede exportar en varias extensiones, a continuación se muestran los tipos:

- a) Archivo XML, KMZ (con datos de informe)
- b) CSV (delimitado por comas)
- c) PDF
- d) MHTML (Archivo web)
- e) Excel
- f) Archivo TIF
- g) Word
- h) PNG
- i) JPGE

Las extensiones más utilizadas son: PDF, PNG, KMZ debido a su presentación y visualización gráfica.

E. Periodos en los cuales se pueden consultar los datos administrados en SIA a través de los SIG.

En la figura número 12, se observa la ventana de GIS de la plataforma de reportes BIOSALC y como se pueden filtrar las fechas y categorías de las actividades agrícolas para generar mapas temáticos.



Figura 12. Periodos de consulta de datos para generar cartografía

F. Ventajas que los Sistemas de Información Geográfica brindan a usuarios por medio del Departamento de Servicios de Información Agrícola.

Los SIG permiten que los usuarios del área agrícola monitoreen las diferentes variables que afectan la producción de caña de azúcar con respecto a periodos que necesiten, el sitio web de Reportes BIOSALC y su ventana de GIS permite las siguientes ventajas a los usuarios:

- a) No depender de un operador GIS
- b) Información digital actualizada
- c) Ganancia de tiempo de operación GIS
- d) El usuario tiene la información más rápido
- e) Genera reportes actualizados

- f) Vista a todos los usuarios.
- g) Genera impresiones.
- h) Genera una leyenda con rangos.
- i) Se puede Actualizar información según se desee.
- j) Diferentes tipos de formatos y extensiones de presentación para el uso del usuario.
- k) Fácil de utilizar.

G. Deficiencias generales del servicio de Sistemas de Información Geográfica que el Departamento de Servicios de Información Agrícola brinda al área agrícola.

El departamento de SIA actualmente es el encargado de monitorear y supervisar las actividades que son realizadas por los SIG, actualmente no se cuenta con una unidad específica de Sistemas de Información Geográfica en el Ingenio La Unión.

No existe un analista profesional de SIG para el análisis de datos en el departamento de SIA.

Los mapas electrónicos que se generan a partir de archivos recibidos por Ingeniería Agrícola, los realiza una persona del departamento de SIA (sin experiencia en SIG), debido a esta limitante es poca la información que se analiza en la herramienta de análisis de datos ArcGis.

No se cuenta con el equipo de cómputo necesario ni un sistema de posicionamiento global (GPS).

No se cuenta con imágenes satelitales ni fotografías aéreas georreferenciadas para poder realizar agricultura de precisión, clasificación de usos de la tierra, digitalización de bloques de aplicaciones aéreas, implementación de metodologías de agricultura de precisión, etc.

Los datos colectados son ubicados y georreferenciados por el número de lote de la finca y es un dato general que abarca el área que representa el polígono del lote.

H. El sitio web de Reportes BioSalc presenta las siguientes deficiencias

- a) No respeta el color de la leyenda, (no se ha dedicado el tiempo necesario para que el sistema obedezca a una leyenda definida por cada característica evaluada)
- b) Solo se pueden visualizar datos por lote y finca
- c) La cartografía no presenta colindantes, ríos, carreteras, norte, escala gráfica y numérica.
- d) No se puede exportar a un formato con extensión KMZ para visualizarlo en Google Earth.
- e) No tiene un sistema de coordenadas establecido.

1.4.4 Bases de datos

1.4.4.1 Descripción general del origen y toma de datos cualitativos y cuantitativos de campo

Las bases de datos del departamento de SIA son alimentadas directamente por digitadores asignados por cada departamento del área agrícola, estos datos son colectados en cada finca y lote, por plagueros, caporales, etc.

Posteriormente los datos son entregados a supervisores en boletas físicas, estas son entregadas a los digitadores y ellos le dan ingreso en los servidores de BIOSALC.

De esta manera se genera información cualitativa y cuantitativa semanalmente a las bases de datos que posteriormente son utilizadas por diferentes tipos de usuarios del área agrícola y externa.

Los SIG consumen directamente estas bases de datos de BIOSALC y son vistas en el sitio web de Reportes BIOSALC, los departamentos que están disponibles actualmente son:

- A. Aplicaciones Aéreas
- B. Ingeniería Agrícola
- C. Agronomía
- D. Investigación Agrícola
- E. Cosecha
- F. Zonas de producción (fincas)
- G. Proveedores de caña

1.4.5 Inventario de información cartográfica digitalizada que el Departamento de Servicios de Información Agrícola puede generar actualmente.

En el cuadro número 3, se presenta el inventario cartográfico que SIA desarrolla con sus herramientas de SIG, estos mapas pueden ser vistos en dos diferentes plataformas; Google Earth y Reportes BIOSALC.

Cuadro 3. Inventario de la cartografía digital que se utilizaba actualmente en SIA

Capas de información digitalizadas, montaje a Google Earth
• Avance de cosecha
• Barrenador
• Composición Varietal
• Fincas Empresa
• Madurantes
• Muermo Rojo
• Producción Lbs/Ton
• Producción TAH
• Producción Ton Ha
• Quemadas Intencionales
• Ratas
• Suelos
Capas digitalizadas, montaje a Reportes BioSalc
• Rata –fechas
• Barrenador –fechas
• Madurantes – fechas
• Avance de cosecha – zafra
• Avance de cosecha Bascula – zafra
• Composición varietal – zafra
• Lbs/Ton – tonelada
• Madurantes por Quincenas – fechas
• Ton/Ha - Zafra

En el cuadro 4, podemos observar los mapas de las fincas que el departamento de ingeniería agrícola brinda a SIA en formato DXF, este es convertido a un archivo DRL para poder subirlo a la plataforma de dibujo de reportes BIOSALC.

Cuadro 4. Inventario de fincas que Ingeniería Agrícola brinda a SIA en formato digital con extensión DXF.

CÓDIGO DE FINCA	FINCA
2	LOS TARROS
4	MARGARITAS
8	BELÉN
9	CRISTOBAL
10	CARRIZAL
13	EL TIGRE
16	CRISTOBAL II
26	SANTA RICARDA
69	EL TIGRE PUERTAS
5	TEHUANTEPEC
11	GUANIPA
15	REFUGIO VIEJO
20	BUENOS AIRES
31	RIO AZUL
35	SAN CARLOS II
36	LA CONFIANZA
39	UNION - CAJON
60	REFUGIO NUEVO
62	RANCHO LA MARGARITA
3	LAS PALMAS
6	SAN FRANCISCO
17	MONTEALEGRE
19	LA COQUETA
29	VIRGINIA
33	SAN CARLOS I
34	SAN LUIS
57	LA ALEGRIA
58	MANACALES
18	LA PERLA
23	MANGALES MAPAN UNION
25	SOLOLA
30	EL IDEAL
32	PARCELAS NUEVA CONCEPCION
38	PERALTA
40	SANTA CLARA LAS ARENAS
51	SANTA ELENA MAPAN
52	SAN FRANCISCO MAPAN
53	LA ESPERANZA
56	NACIMIENTO
59	SAN NICOLAS MALAGA
64	NUEVA IRLANDA
65	PUYUMATE
67	JABALI III
68	SAN MIGUEL MAPAN
70	EL RECUERDO MAPAN
71	SAN JOSE BUENA VISTA

1.5 CONCLUSIONES

- A. La función principal de los SIG dentro de SIA, es proporcionar a cada departamento del área agrícola información de campo analizada a través de los SIG, de tal manera que los datos de campo estén plasmados en mapas electrónicos y físicos, para que los usuarios puedan interpretar fácilmente los datos de campo en forma gráfica, y posteriormente que ellos tomen decisiones inmediatas o futuras sobre las fincas de producción de caña de azúcar.

- B. El origen de los datos son colectados en campo por diferente personal de cada finca (plagueros, caporales) posteriormente es trasladado en boletas físicas a cada supervisor del área y este es el encargado de entregar las boletas de campo a un digitador de acuerdo a cada departamento agrícola, este digitador ingresa los datos de las boletas al servidor BIOSALC quien es el que permite almacenar y administrar todas las bases de datos.

- C. El inventario de información cartográfica digital que se realizó en el sitio web de Reportes BIOSALC que sirve de apoyo a los SIG, proporciona una cantidad de 12 tipos de mapas que se pueden generar para cada finca, y 9 capas de información con extensión KMZ desactualizadas (montaje a Google Earth).

2 CAPÍTULO II

Influencia de vetas arenosas en la producción de caña de azúcar, finca Monte Alegre, Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

La mayor parte de la zona cañera de la costa sur de Guatemala está ubicada sobre suelos Mollisoles, razón por la cual existen áreas con vetas arenosas permanentes, estas afectan al cultivo de caña de azúcar desde la siembra hasta la cosecha, reflejándose este efecto en la producción, por lo tanto en algunas de estas áreas el estrés hídrico es tanto, que las plantas ya no pueden llegar a cosecha, estas condiciones (vetas de arena) afectan la fertilización, riego, plagas, aplicación de madurantes, quemadas etc. siendo el recurso agua el que causa un efecto mayor, dándole a la planta un estrés hídrico y déficit de agua durante los meses secos.

La finca Monte Alegre del Ingenio La Unión, presenta antecedentes de áreas con vetas arenosas, estas áreas son zonas de estrés hídrico y déficit de agua para la planta al momento que la capilaridad se rompe por la clase textural de suelo que presenta esta finca. Las vetas de arena en esta zona de producción, merma la producción de caña de azúcar.

En estas zonas de producción la planta, presenta mayores problemas en el crecimiento, población, desarrollo, cierre de surcos y hasta le causa la muerte en condiciones extremas de épocas secas críticas.

Esta finca cuenta con vetas de arena en los lotes de estudio, por lo tanto con el presente trabajo se localizó y cuantificó el área que ocupa cada veta arenosa en los lotes 4.020, 7.160 y 13.08, realizándose una primera aproximación de la diferente producción de caña que produce una veta arenosa versus un suelo sin veta arenosa.

Debido a esta situación de cambios en la producción en un mismo lote, ya sea afectado por vetas arenosas o sin este daño, en este trabajo se presenta la metodología que permitió el trazo, delimitación de vetas de arena y una primera

aproximación del cambio de producción de caña de azúcar en áreas arenosas versus áreas de suelo sin vetas arenosas.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Conceptualización de las vetas de arena

Castro, O; Suárez, A; Villatoro, B; Rosales, C. (2007). Definen las vetas de arena como: “áreas físicas definidas y diferenciadas por uno o más estratos de arena en el perfil del suelo” Las vetas de arena, según análisis físicos de laboratorio, poseen alto contenido de la fracción arena. Debido a su condición textural, las vetas de arena retienen poca humedad, y rompen la capilaridad natural de agua, por lo tanto se puede provocar un estado de estrés hídrico para los cultivos. En áreas con vetas, el cultivo de la caña de azúcar puede disminuir en un 20% o más en rendimiento.

Las vetas de arena se distribuyen en todo el perfil de suelo, de esa manera pueden encontrarse en la superficie del suelo y hasta a un metro de profundidad.

En la zona cañera del sur de Guatemala, las vetas de arena se encuentran en los abanicos aluviales de las cuencas de la vertiente del pacífico, las vetas fueron formadas por inundaciones de ríos, los cuales a través del tiempo varían la dirección de su cauce, dejando depósitos de arena a su paso. García, A., Martínez, F., Ruiz, E., Rodríguez, I. & Varela, J. (1996).

Las vetas arenosas han sido formadas por el desborde de afluentes, principalmente, y se encuentran de forma generalizada en los abanicos aluviales de los ríos, entre los 0 y 100 metros sobre el nivel del mar. Para la región cañera del sur de Guatemala se encuentran esencialmente en la parte baja de las cuencas: María Linda, Achíguate, Acomé, Coyolate, Madre Vieja y Nahualate. Castro, O; Suárez, A; Villatoro, B; Rosales, C. (2007).

El cultivo de la caña de azúcar realiza el proceso fisiológico de elongación (fase con mayor susceptibilidad al déficit hídrico) en la época seca, período en el cual los suelos con vetas arenosas retienen muy poca humedad, le causan al cultivo una interrupción de crecimiento y pierde una buena parte de follaje, dando como resultado que el potencial de pérdida de producción sea mayor en tm/ha. Allen, R; Pereira, L; Raes, D; Smith, M. (2006).

2.2.1.2 Riego en vetas de arena.

En el caso del manejo de vetas se pretende regar en cada división, una frecuencia y tiempo de riego diferentes. El número de frecuencias y tiempos de riego dependerá del grado proporcional entre áreas con y sin vetas. Los métodos de riego más adecuados son los que permitan regar las divisiones, en estos casos, los sistemas con surcos son los que mejor se ajustan. El sistema que utiliza mangas y compuertas es más eficiente, ya que permite abrir las compuertas en el tiempo definido en cada división. Castro, O., Suárez. A., Villatoro, B. & Rosales, C. (2012, mayo 14).

2.2.1.3 Variedades recomendadas para suelos arenosos.

En el cuadro 5 se presentan los nichos adecuados para las variedades comerciales de la zafra 2014-2015, esas están ubicadas en cada nicho por sus características fisiológicas y físicas respecto al estrato altitudinal y clase textural del suelo, Sandoval, J., Gil, A., Alvarez, C., Azañon, V., García, C. & Martínez C. (2014, Octubre 1).

Cuadro 5. Nichos para siembra de variedades 2014-2015

CATEGORIA	VARIEDAD	ÉPOCA COSECHA			ESTRATO			SUELO						SUSCEPTIBILIDAD A HERBICIDAS	
		NOV-DIC	ENE-FEB	MAR-ABR	ALTO	MEDIO	BAJO	ARENOSO		FRANCO		ARCILLOSO			
								CON RIEGO	SIN RIEGO	CON RIEGO	SIN RIEGO	CON RIEGO	SIN RIEGO		
COMERCIALES ZONA MEDIA Y BAJA	CP72-2086	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN						
	CP73-1547	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN
	MEX79-431	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN
	CG00-102	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN
	CG98-46	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN
	CG98-78	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN
	CG03-104	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN				
	CG00-033	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN						
	CG01-87	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN						
	CG03-256	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN						
	SP71-6161	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN
COMERCIALES LOS TARROS	CG03-138	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN						
	SP79-2233	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN
	PPQK	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN
	CG03-025	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	SE RECOMIENDA	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN				
	SP80-1842	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN						
	CG04-09514	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA	NO RECOMENDABLE	NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN								

REFERENCIA	
NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE
SE RECOMIENDA	SE RECOMIENDA
NECESITA INVESTIGACIÓN	NECESITA INVESTIGACIÓN

Fuente: Ingenio La Unión, Resultados de investigación agrícola, Zafra 2014-2015.

2.2.1.4 Preparación de suelos por clase textural.

El cuadro 6, presenta las labores de preparación de suelos que se realizan por cada tipo y profundidad del suelo. La cobertura vegetal, compactación y el espesor de los horizontes del perfil del suelo, determinan el tipo de labor y equipo a utilizar en la preparación de los mismos. Ingenio La Unión (2009).

Cuadro 6. Guía de preparación de suelos para grupos de similar manejo.

GRUPO DE MANEJO	PERFIL			SECUENCIA DE IMPLEMENTOS A UTILIZAR Y PROFUNDIDADES DE PREPARACION					
	HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA	DIA 1	DIA 2	DIA 3			
TARROS BAJO				DIA 1	DIA 2	DIA 3			
1	A	0-50	FRANCO ARENOSO	R.A. 25 cm	R.A. 21 cm	S. 30 cm			
	B	50-90	FRANCO ARENOSO						
	B1	90-120	FRANCO ARENOSO						
TARROS ALTO				DIA 1	DIA 7	DIA 14	DIA 15		
2	A1	0-20	ARENA FRANCA	R.A. 25 cm	R.A. 27 cm	R.P. 21cm	S. 30cm		
	A2	20-66	AREA FRANCA						
	B	66-120	FRANCO ARENOSO						
ARCILLAS ROJAS JABALI				DIA 1	DIA 1	DIA 2	DIA 2	DIA 3	DIA 4
3	A	0-45	ARCILLA	A.C. 20 cm	A.C. 25 cm en x	R.A. 20 cm	R.A. 22 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm
	B	45-90	ARCILLA						
	C	90-115	TALPETATE						
MARGARITAS				DIA 1	DIA 7	DIA 14	DIA 15		
4	A	0-30	FRANCO ARENOSO	R.A. 25 cm	R.A. 27 cm	R.P. 21cm	S. 20 cm		
	B1	30-90	FRANCO ARENOSO						
	B2	90-110	FRANCO ARENOSO						
COYOLATE ZONA MEDIA				DIA 1	DIA 2	DIA 8	DIA 9	DIA 14	DIA 15
5	A	0-30	FRANCO	A.C. 45 cm	R.A. 27 cm	R.P. 21 cm	S.P. 60 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm
	AB	30-60	FRANCO						
	B	60-120	FRANCO						
ARCILLAS TIPO LAREDO				DIA 1	DIA 1	DIA 2	DIA 2	DIA 3	DIA 4
6	A	0-40	FRANCO ARCILLOSO	A.C. 25 cm	A.C 30 cm en x	R. A. 20 cm	R.A. 20 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm
	C1	40-60	ARCILLA + ARENA						
	C2	60-80	ARCILLA + ARENA						
	C3	80-120	ARCILLA + ARENA						
CERROS DE BELEN Y CRISTOBAL				DIA 1	DIA 7	DIA 14	DIA 15		
7	A	0-20	FRANCO	R. A. 20 cm	R. A. 24 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm		
	C	20-45	FRANCO ARCILLOSO						
	C1	45-100	ARCILLA						
PERALTA				DIA 1	DIA 1	DIA 2	DIA 2	DIA 3	DIA 4
8	A	0-30	FRANCO ARCILLOSO	A.C. 25 cm	A.C 30 cm en x	R.A. 22 cm	R.A. 25 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm
	C	30-100	ARCILLA						

GRUPO DE MANEJO	PERFIL			SECUENCIA DE IMPLEMENTOS A UTILIZAR Y PROFUNDIDADES DE PREPARACION						
	HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA							
NACIMIENTO				DIA 1	DIA 7	DIA 14	DIA 15			
9	A	0-20	FRANCO ARENOSO	R. A. 20 cm	R. A. 20 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm			
	B	20-50	FRANCO ARCILLOSO							
	C	50-90	ARCILLA + ARENA							
IDEAL				DIA 1	DIA 7	DIA 15				
10	A	0-25	ARENA FRANCA	R. A. 20 cm	R.P. 20 cm	S. 20 cm				
	C	50-110	ARENA + PIEDRA							
MONTE ALEGRE				DIA 1	DIA 2	DIA 8	DIA 9	DIA 14	DIA 15	
11	A	0-20	FRANCO ARENOSO	A.C. 45 cm	R. A. 25 cm	R.P. 20 cm	S.P. 60 cm	R.P. 20 cm	S. 20 cm	
	B	20-60	FRANCO ARENOSO							
	C	60-100	ARENA							
RIO AZUL				DIA 1	DIA 2	DIA 8	DIA 9	DIA 14	DIA 15	
12	A	0-40	FRANCO	A.C. 45 cm	R.A. 27 cm	R.P. 21 cm	S.P. 60 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm	
	AB	40-65	FRANCO							
	B	65-100	FRANCO ARENOSO							
	C	100-120	ARENA							
GUANIPA				DIA 1	DIA 2	DIA 8	DIA 9	DIA 14	DIA 15	
13	A	0-30	FRANCO	A.C. 45 cm	R.A. 27 cm	R.P. 21 cm	S.P. 60 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm	
	AB	30-85	FRANCO							
TEHUANTEPEC				DIA 1	DIA 7	DIA 8				
14	A	0-50	ARENOSO	R. A. 20 cm	R.P. 20 cm	S. 20 cm				
	C	50-120	ARENA GRUESA							
ARCILLAS DEL LITORAL				DIA 1	DIA 2	DIA 8	DIA 9	DIA 14	DIA 15	
15	A	0-20	FRANCO ARCILLOSO	A.C. 45 cm	R.A. 25 cm	R.P. 21 cm	S.P. 60 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm	
	B	20-60	ARCILLO ARENOSO							
	C	60-100	ARENA FINA							
ARCILLAS ROJAS ZONA BAJA				DIA 1	DIA 1	DIA 2	DIA 2	DIA 3	DIA 4	
16	A	0-30	FRANCO ARCILLOSO	A.C. 25 cm	A.C. 30 cm en x	R.A. 22 cm	R.A. 25 cm	R.P. 21 cm	S. 20 cm	
	B1	30-50	ARCILLO ARENOSO							
	C	50-80	ARCILLA + ARENA							

Referencia:

1. A.C. = arado de cincales
2. R.A. = rastró arado (rastra pesada con disco de 32")
3. R.P. = rastra pulidora con disco de 24" o 26")
4. S.P. = subsolador parabólico
5. S. = surcador

OBSERVACIONES: En áreas con presencia de plagas, la preparación de suelos deberá durar como mínimo 23 días, con excepción de los suelos arcillosos pesados. Ingenio La Unión (2009).

2.2.1.5 Aplicación de madurante

Cuando las condiciones naturales no son favorables para la maduración de la caña de azúcar, es posible inducirla aplicando productos químicos conocidos como madurantes. Arcila, J. & Villegas, F. (1995).

Un madurante es un compuesto orgánico que aplicado en pequeñas cantidades, inhibe, fomenta o modifica de alguna forma, procesos fisiológicos de la planta. Arcila (1990). En caña de azúcar, estos compuestos actúan como reguladores de crecimiento que favorecen la mayor concentración de sacarosa. Arcila, J. & Villegas, F. (1995).

Las dosis del producto y los volúmenes de la mezcla se determinan con base en las condiciones siguientes: (1) estado de desarrollo del cultivo, (2) estado de volcamiento del cultivo, (3) tipo de suelo, (4) variedad, y (5) equipo de aplicación. Arcila, J. & Villegas, F. (1995).

2.2.1.6 Suelo

Es un cuerpo natural formado a partir de materiales minerales y orgánicos que cubren parte de la superficie terrestre, contienen materia viva y pueden soportar vegetación natural y en algunos casos han sido transformados por la actividad humana. Buol (1993).

2.2.1.7 Tierra

El termino tierra, con origen en el latín tierra, tiene varios usos y significados, puede hacer referencia al material desmenuzable que compone el suelo natural, el terreno dedicado al cultivo o el piso, suelo. Tobías, H. (2006).

2.2.1.8 Pedon

El pedon es el volumen más pequeño de lo que se le puede llamar suelo. El pedon tiene tres dimensiones, su límite inferior es vago y algo arbitrario en suelo y “no suelo”. Los límites laterales son lo suficientemente grandes como para permitir el estudio de la naturaleza de cualquiera de los horizontes presentes. Su área va de 1 a 10 metros cuadrados, lo que depende de la variabilidad de los horizontes. La forma de un pedon se representa como una forma hexagonal Buol (1993).

2.2.1.9 Perfil del suelo

Parte transversal de un suelo que muestra capas horizontales homogéneas en composición y estructura, llamadas horizontes, situadas entre la superficie y la roca madre subyacente. Los horizontes típicos, desde la superficie, se denominan A, B y C. El perfil del suelo está constituido por una serie de capas cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas pueden ser muy diferentes, Tobías, H. (2006).

2.2.1.10 Horizonte

Tobías, H. (2006). Define a un horizonte como: “una capa más o menos paralela a la superficie del suelo, que se ha originado por procesos de formación del mismo”. El término “capa” es aplicado al nombrar los componentes relativos al material parental u originario.

Las capas, también llamadas horizontes, muestran todo lo que interviene en la configuración de un suelo, desde la descomposición de las rocas al aumento de la materia orgánica. Tobías, H. (2006).

Horizonte 0, capa de humus: depósitos de material vegetal.

Horizonte A, capa superficial del suelo: orgánicamente rica, pero algunos minerales son arrastrados por el agua subterránea.

Horizonte B el subsuelo: es menos orgánico, pero rico en minerales que descienden de la capa superficial.

Horizonte C, la roca madre: se rompe y disgrega en trozos suelto y no contiene material orgánico.

Horizonte D, el lecho rocoso subyacente: el contenido mineral del suelo procede de aquí.

La profundidad del suelo depende de factores como la pendiente, que permite el arrastre de la tierra por las aguas, y la naturaleza del lecho rocoso. La piedra caliza, por ejemplo, se erosiona más que la arenisca, por lo que produce más productos de descomposición. Pero el factor más importante es el clima y el efecto erosivo de los agentes atmosféricos.

2.2.1.11 Calicata

Es una excavación que se hace en el suelo, de medidas variables, generalmente de superficie de 1 x 2 x 1.5 metros, cuya profundidad permita apreciar claramente el perfil de suelo donde crecen las raíces del cultivo y como se produce el mojamiento de este. Tobías, H. (2006).

2.2.1.12 Sistemas de Informacion Geografica (SIG)

Brenes, C. (1996). Define un SIG como; “un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos”.

2.2.1.13 Muestreo aleatorio simple

Un muestreo aleatorio simple es el que permite seleccionar una muestra de tamaño n de una población de N unidades, cada elemento tiene una probabilidad de incluso igual y conocida de n/N . Repetto, D. (2011).

2.2.1.14 Escala ordinal

Es aquella forma de medición de las variables cualitativas cuyas categorías admiten una ordenación. Ejemplo: Nivel socioeconómico (Alto, Medio, Bajo). Repetto, D. (2011).

2.2.1.15 Unidad experimental

Es el conjunto de elementos sobre los cuales se hacen las mediciones, y a los cuales un tratamiento puede ser asignado independientemente, se denomina Unidad Experimental (UE). Repetto, D. (2011).

2.2.1.16 Prueba de “T” Student

La distribución “T” de Student tiene las siguientes propiedades:

- 1) La media de la distribución es igual a 0
- 2) La varianza es igual a $df/df-2$ donde df (se usa también v) es el número de grados de libertad
- 3) La varianza es siempre mayor que 1, aunque es muy cercana a 1 cuando se tiene un número de grados de libertad grande.
- 4) Con infinitos grados de libertad la distribución t es igual a la normal.

La distribución “T” de student se puede usar cuando cualquiera de las siguientes condiciones se cumple:

- 1) La distribución de la población es normal.
- 2) La distribución de la muestra es simétrica, unimodal, sin puntos dispersos y, alejados (outliers) y el tamaño de la muestra es de 15 o menos. La distribución “T” de Student. UNAM, G. (2000).

2.2.2 Marco referencial

2.2.2.1 Zona cañera de Guatemala

La zona cañera guatemalteca tiene una extensión aproximada 210,000 hectáreas, la cual se localiza en la Planicie Costera del Pacífico, ubicada en la Costa Sur del país, específicamente en los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla y Santa Rosa. El relieve general del terreno en la zona cañera es ondulado en las partes altas y ligeramente plana a plana en las partes bajas. Orozco, H; Soto, G, Pérez, O, Ventura, R, Recinos, M. (1995).

2.2.2.2 Localización y extensión del área de estudio, Finca Monte Alegre, Ingenio La Unión.

En la Figura 13, se muestra la ubicación de la zona de estudio con relación al área de la costa Sur de Guatemala.

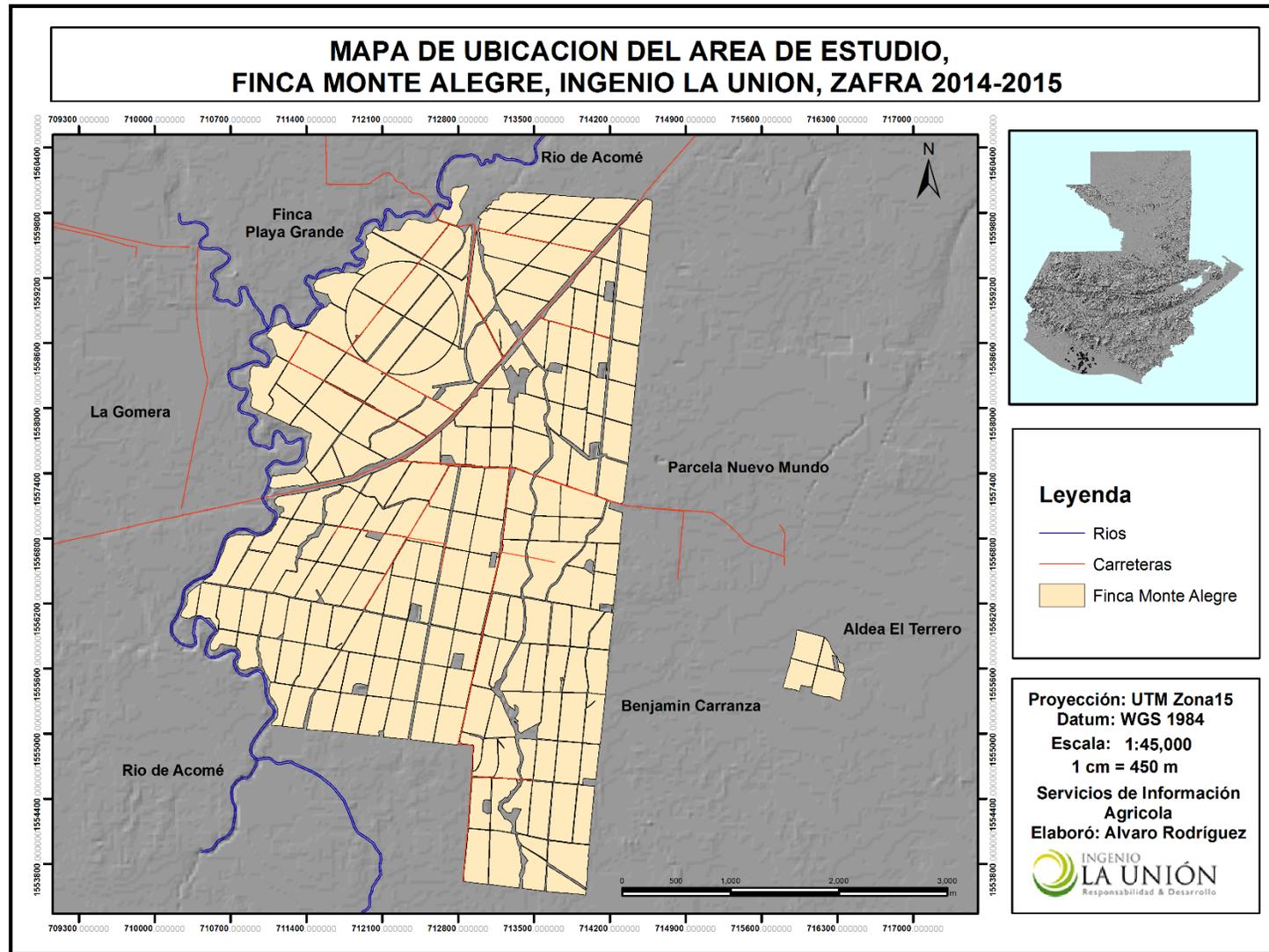


Figura 13. Mapa de localización y extensión del área de estudio, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015

2.2.2.3 Ubicación y descripción de la finca de estudio

El estudio fue realizado en la finca Monte Alegre, ubicada en el estrato litoral de la zona cañera de la costa sur de Guatemala, a 39 msnm, esta finca es propiedad del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa. CENGICAÑA (2008).

2.2.2.4 Finca Monte Alegre, Ingenio La Unión

Se encuentra en el municipio de La Gomera, a una altitud de 39 msnm, presenta áreas heterogéneas de vetas de área dispersas en todos los lotes que compone la finca, posee sistemas de riego de pivote central, lateral y aspersión. García, A., Martínez, F., Ruiz, E., Rodríguez, I. & Varela, J. (1996).

Esta finca presenta antecedentes de baja producción de caña de azúcar en varios lotes, esto es debido a la variabilidad del suelo que estos presentan.

2.2.2.5 Producción

El promedio de producción de caña de azúcar en la finca Monte Alegre es de 193,049.49 toneladas de caña de azúcar, zafras 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014 y actualmente posee un promedio de 1,518.71 ha, lo cual da un dato de 127.11 t/ha, bajo condiciones similares de manejo.

En la figura 14, se presenta el mapa oficial de finca Monte Alegre para la zafra 2014-2015.

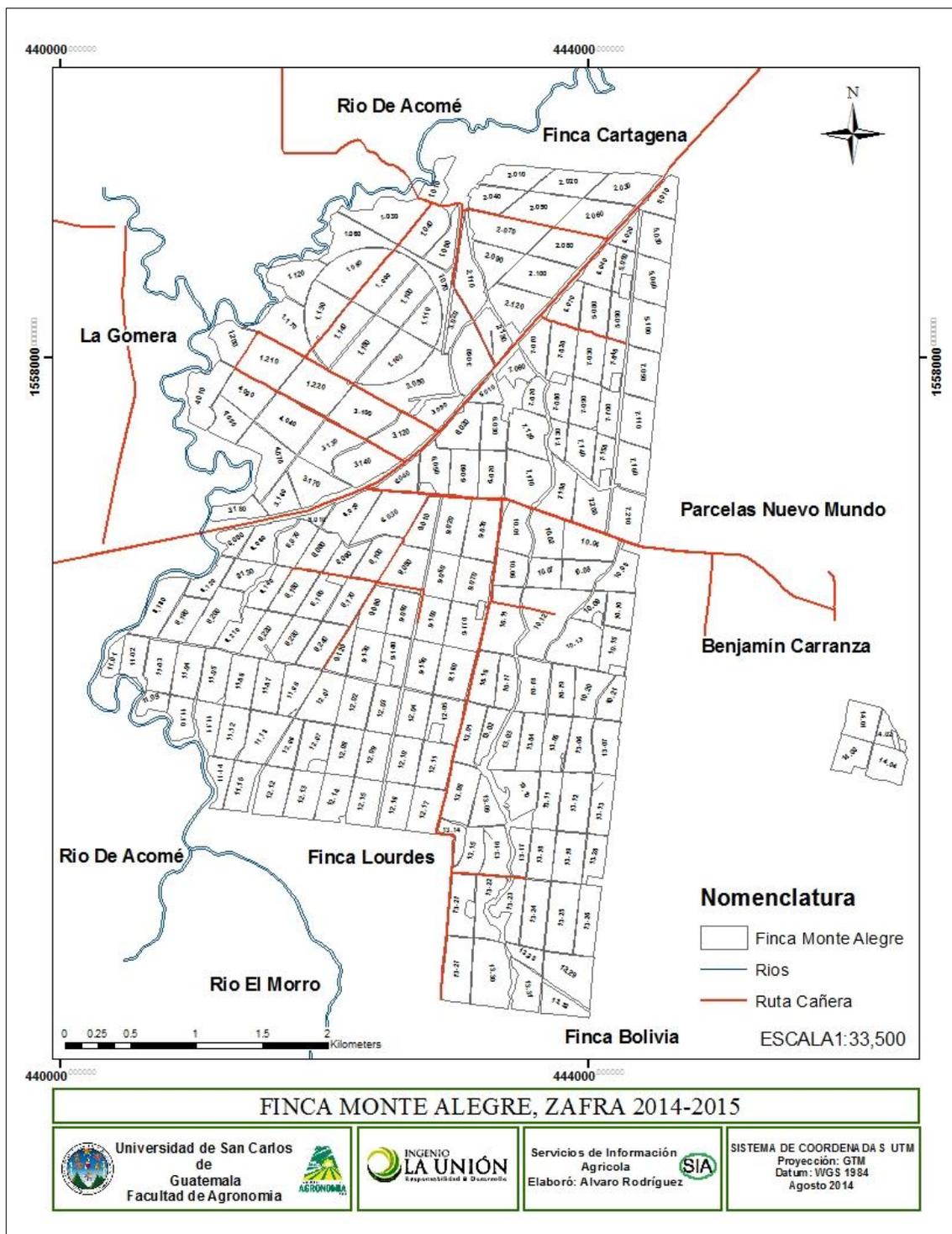


Figura 14. Mapa de finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.

2.2.2.6 Uso actual

La finca Monte Alegre presentan actualmente cultivo de caña de azúcar y las variedades son las siguientes: CP88-1165, Mex79-431, CP73-1547, CP72-2086, CG03-292, CG03-292, CG98-78, CG03-240, CG04-9370, CG00-033, CG00-102 y las variedades principales en la Finca Monte Alegre son: CP73-1547 y CP72-2086, En el cuadro 7 se mencionan las variedades de los lotes de estudio (4.020, 7.160 y 13.08).

Cuadro 7. Variedades de caña en lotes de estudio, finca monte alegre, ingenio la unión. Zafra 2014-2015.

Lote	Variedad
4.020	CP73-1547
7.160	CP72-2086
13.08	CP72-2086

2.2.2.7 Riego

Posee actualmente estructuras de sistemas de riego mecanizadas de Pivote Central, Avance Lateral y sistema de riego por aspersion (ver figura 18).

Las estructuras de sistemas de riego mecanizadas están ubicadas en los sectores, uno, tres, siete, nueve y diez, el resto de la finca es regada por sistema de riego por aspersion.

Los lotes de estudio son regados homogéneamente con los siguientes sistemas de riego:

- Lote 4.020, sistema de riego de pivote central
- Lote 7.160, sistema de riego de avance lateral
- Lote 13.08, sistema de riego de aspersion.

2.2.2.8 Fisiografía

La finca bajo estudio se encuentra sobre la región fisiográfica llanura costera del pacífico. García, A., Martínez, F., Ruiz, E., Rodríguez, I. & Varela, J. (1996).

2.2.2.9 Hidrografía

La finca Monte Alegre se encuentra dentro de la cuenca del río Acomé o de la Gomera, es la número catorce por su extensión dentro del sistema de cuencas que vierten aguas al océano pacífico. Su superficie mide 764 km² (3.18% del sistema pacífico) y cubre parcialmente los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá, La Democracia, San José y la Gomera, todos pertenecientes al departamento de Escuintla. Esta cuenca se encuentra ubicada entre los paralelos 13°30' y 14°30' de longitud norte y los meridianos 90°30' y 91°30' de longitud oeste. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas & Instituto Geográfico Nacional. (1974, Noviembre). El río Acomé, es la principal fuente de agua para el riego en la finca Monte Alegre.

2.2.2.10 Suelos

Según el estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala, elaborado por compañía consultora en 1996, las características de los suelos en la finca de estudio son las siguientes:

A. Tipo de suelos, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión.

Posee Mollisoles, el cual está compuesto principalmente por el conjunto pacífico (Fluventic Hapludolls Franca - gruesa), son suelos profundos, el drenaje natural es bueno, la capacidad de retención de humedad es muy baja. García, A., Martínez, F., Ruiz, E., Rodríguez, I. & Varela, J. (1996).

En la figura 15, se presenta el mapa de estudio semidetallado de suelos para la finca Monte Alegre.

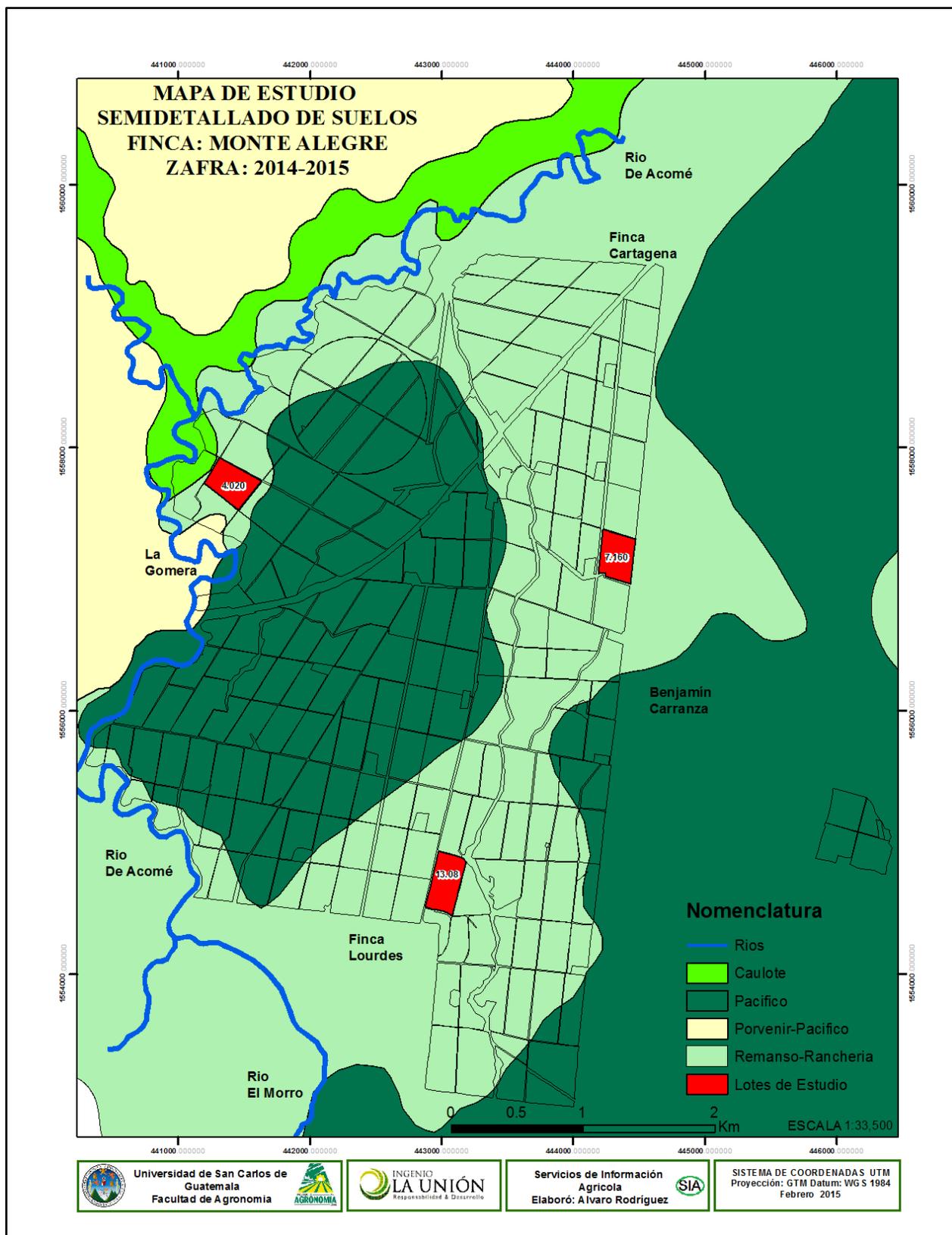


Figura 15. Mapa de suelos, finca Monte Alegre Zafra 2014-2015.

2.2.2.11 Unidad cartográfica

A. Consociación ranchería:

Conjunto Rancherías (Fluventic Haplustolls Arenosa)

Los suelos de esta unidad se distribuyen en el pie o parte distal de los abanicos que conforman la planicie fluvio volcánica de pie de monte. En la zona de transición los abanicos se confunden en la planicie marina; estas áreas han sido permanentemente afectadas por los desbordamientos de los ríos, por lo cual se observan numerosos causes abandonados y abundantes fajas ligeramente convexas y alargadas correspondientes a los explayamientos con materiales arenosos y gravillosos. Los suelos son bien a excesivamente drenados, el nivel freático permanece muy cerca de la superficie durante las épocas húmedas. García, A., Martínez, F., Ruiz, E., Rodríguez, I. & Varela, J. (1996).

La preparación de este suelo no requiere uso abundante de maquinaria, con rastrilladas profundas y una arada ocasional es suficiente, es necesario incorporar materia orgánica con la preparación, pero en lo posible no voltear el suelo para que no se acelere el proceso de acumulación de sales en la superficie. García, A., Martínez, F., Ruiz, E., Rodríguez, I. & Varela, J. (1996).

2.2.2.12 Ubicación de áreas de estudio

La ubicación de áreas de estudio se realizó con el uso de SIG y sus herramientas de edición, ortofotos digitales correspondientes a la Finca Monte Alegre, del Ingenio La Unión, los lotes de muestreo se localizaron posteriormente al realizar la creación de una capa digital de vetas arenosas, se evaluaron los sitios que presentaron áreas representativas con vetas de arena y áreas de suelo sin vetas de arena.

En la figura 16, podemos observar la ubicación y distribución de las vetas de arena que presenta actualmente la finca Monte Alegre del Ingenio La Unión, S.A.

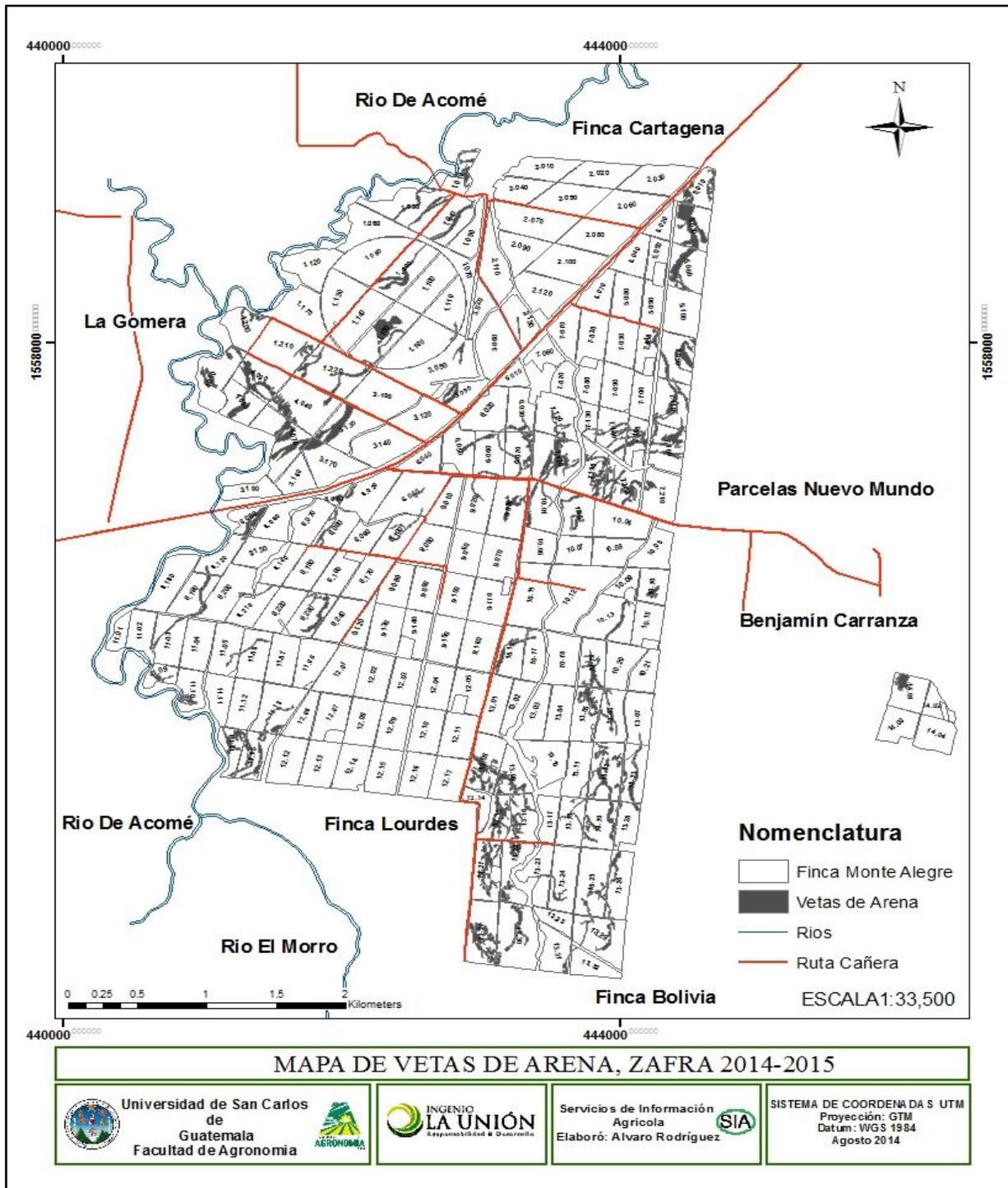


Figura 16. Mapa de vetas de arena, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.

En la figura 17, se presenta el mapa de sistemas de riego en finca Monte Alegre para la zafra 2014-2015, los sistemas de riego son los siguientes: aspersión y mecanizado (pivote central y pivote frontal).

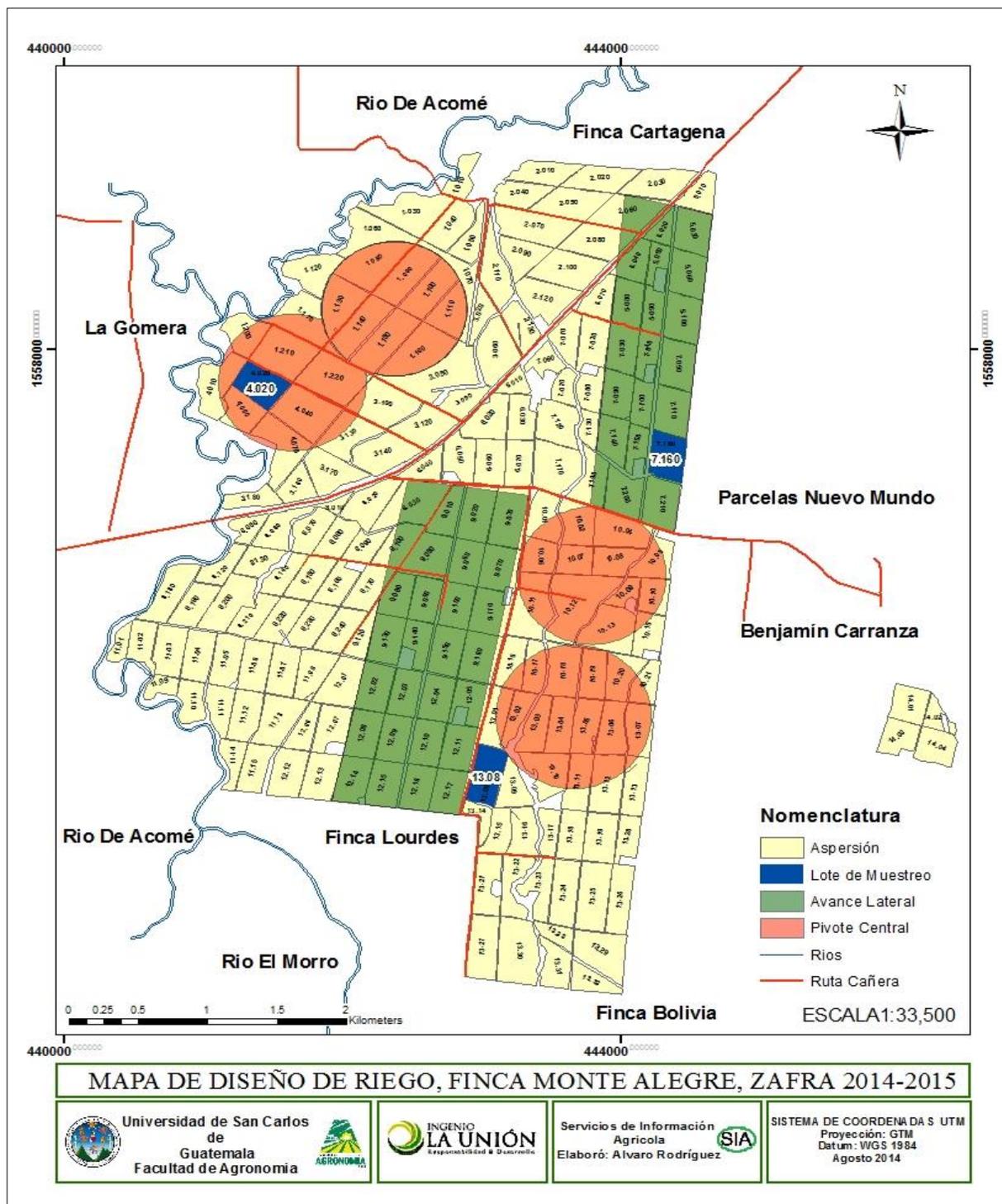


Figura 17. Mapa de sistema de riego en finca Monte Alegre, Ingenio La Unión. Zafra 201-2015.

En la figura 18, se presenta el mapa de épocas de cosecha (quincenas) en la finca Monte Alegre, para la zafra 2014-2015. Los tipos de cosecha son: mecanizado y granel.

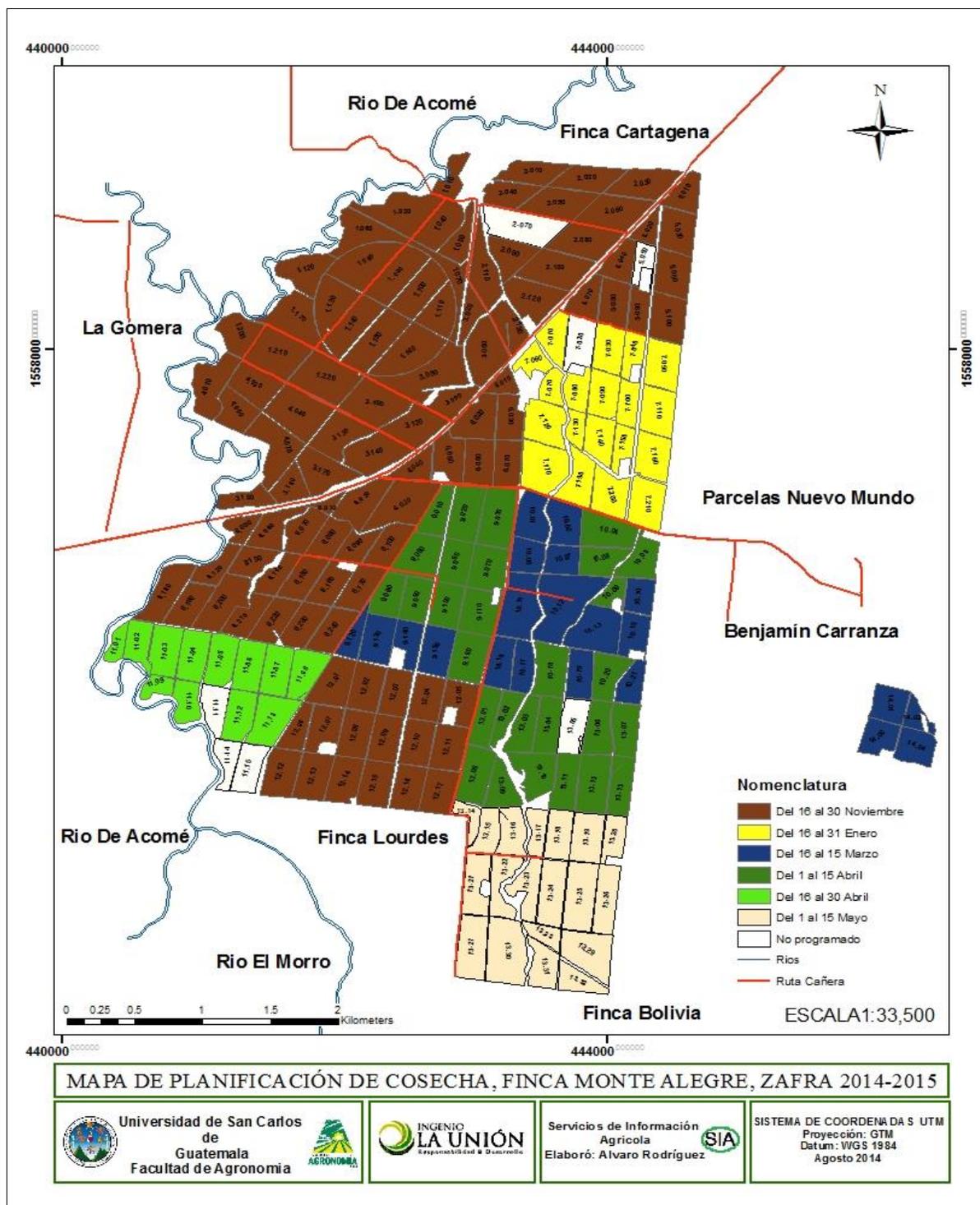


Figura 18. Mapa de quincenas de cosecha, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Realizar la primera aproximación de la producción de t/ha obtenida en suelos con vetas arenosas con respecto a suelos sin vetas arenosas, con la finalidad de encontrar que efecto causa la veta arenosa en la producción.

2.3.2 Objetivos Específicos

- A. Comparar estadísticamente las variables medidas, para determinar si las vetas de arena causan efecto en las variables evaluadas.

- B. Determinar y evaluar estadísticamente la producción de t/ha obtenida en áreas de vetas de arena versus áreas de suelo sin vetas de arena.

- C. Determinar la textura existente en los diferentes perfiles de cada tratamiento.

2.4 HIPÓTESIS

A mayor contenido de arena en el suelo, se generan efectos negativos en las variables de producción de t/ha en las zonas evaluadas.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Medición de variables de producción de t/ha entre vetas de arena y suelo sin vetas de arena.

Las variables de producción de t/ha muestreadas, se tomaron de las Unidades Experimentales (UE), estas fueron homogéneas en sí y heterogéneas entre sí, respecto a los dos diferentes tratamientos (T), de la característica en estudio (vetas arenosas y suelo sin vetas arenosas).

La selección de la muestra se efectuó de manera independiente en el interior de cada UE. Esto conlleva a que la varianza en cada UE sea pequeña. Se trató de que las UE fueran lo más homogéneas posibles dentro de cada una de ellas, es decir, que existiera en cada una, la menor variabilidad posible y de que hubieran diferencias de unas a otras UE.

Una vez calculada la población de cada tratamiento (veta de arena y suelo sin veta de arena), se repartió la muestra dentro de la UE. El reparto de la muestra a través de las UE, dependió de la distribución en el espacio de la misma.

El cuadro 8, presenta los dos tratamientos que se utilizaron en la investigación (vetas de arena y suelo sin veta de arena), la población (N) de cada tratamiento (dos tratamientos por lote de estudio) se definió como número de tallos por metro lineal, y las muestras que se tomaron en las unidades experimentales (n) para estimar la población de cada tratamiento, se midieron 10 metros lineales de caña en cada unidad experimental.

Cuadro 8. Muestreo aleatorio simple en caña de azúcar.

UNIDADES DE MEDIDA	T1 VETA DE ARENA	T2 SUELO SIN VETA DE ARENA
Población (metros lineales)	N	N
Muestra (metros lineales)	n	n
Unidad experimental (10 metros lineales)	ni	ni

Las variables de producción de t/ha se midieron en 30 UE en total, la población se obtuvo en metros lineales luego de convertir el área del tratamiento en metros lineales, por medio del distanciamiento que actualmente presentó el cultivo de cada lote de estudio.

2.5.2 Ubicación de las unidades experimentales en mapas y campo

Sobre el mapa de ubicación de los tratamientos, se georreferenciaron las UE. La distribución de las UE se hizo de forma aleatoria dentro de cada tratamiento.

Los mapas de las UE indican la posición geoespacial con proyección Guatemala Transversal Mercator (GTM), estas UE se ubicaron posteriormente en el campo con ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para realizar la medición de las variables que se midieron y que afectan el crecimiento y producción de la caña de azúcar.

2.5.3 Unidad experimental

En la figura 19, se muestra el diseño de la UE, esta se conformó por 10 metros lineales de caña de azúcar y fueron distribuidas aleatoriamente en todo el tratamiento de estudio.

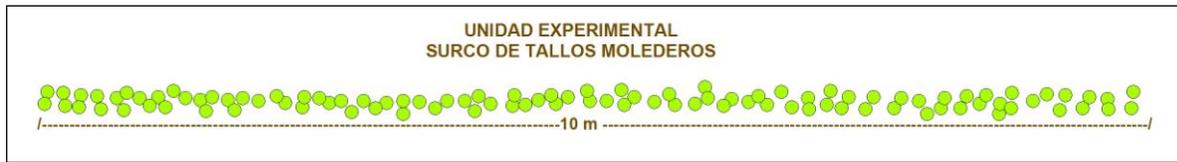


Figura 19. Diseño de unidad experimental.

Se posicionaron 5 UE en cada tratamiento de estudio, distribuidas aleatoriamente.

- 5 UE en tratamiento de suelo con veta arenosa (T1).
- 5 UE en tratamiento de suelo sin veta de arena (T2).

En la figura 20, se observa la distribución de las unidades de muestreo dentro de un tratamiento de estudio, estas fueron ubicadas con un dispositivo GPS navegador de mapeo profesional GeoExplore 2008, marca TRIMBLE, con un rango de precisión de 1 a 3 metros de error del punto geo etiquetado en la ortofoto del MAGA 2016.

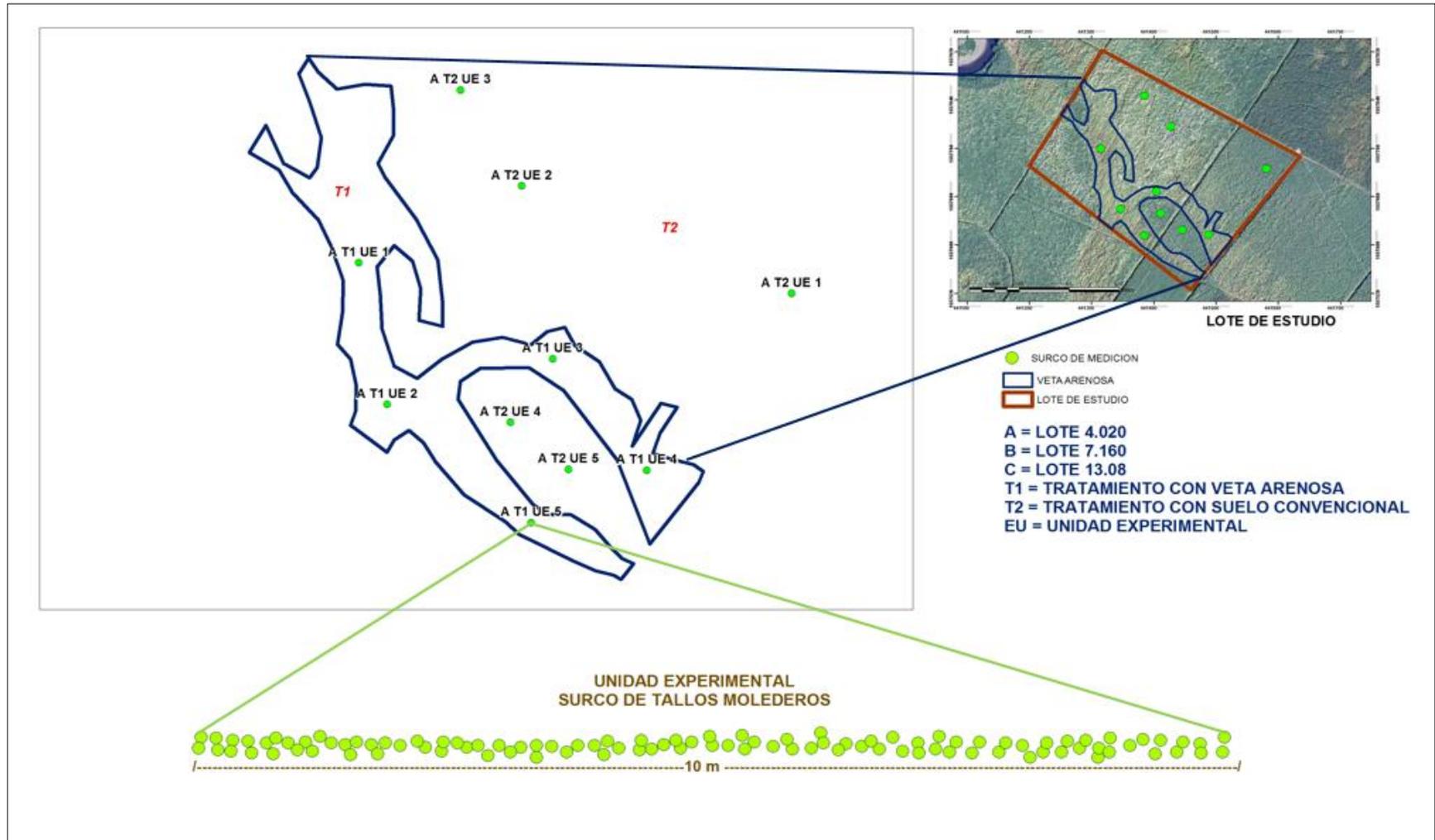


Figura 20. Distribución de las unidades experimentales en los tratamientos 1 y 2.

2.5.4 Variables de producción de t/ha a medir en el campo

2.5.4.1 Población (número de tallos por metro lineal)

Se ubicaron geográficamente las UE en el lote de estudio con la ayuda de un GPS, se seleccionó el surco de estudio, y se midió una distancia de 10 metros lineales, a este se le identificó un punto inicial y final para la cuantificación de tallos molederos. Posteriormente se cuantificó el número de tallos molederos totales dentro de la unidad experimental, esto se realizó 08 días antes de la cosecha.

2.5.4.2 Longitud de tallo moledero

Se determinó con una cinta métrica la longitud de 40 tallos molederos por cada UE, la medición se realizó desde la base, hasta el último entrenudo del tallo, esto se tuvo que realizar con la ayuda de 4 personas, ya que el tallo no es completamente recto, esta lectura se hizo 08 días antes de la cosecha.

2.5.4.3 Peso de tallos molederos

La selección de los 40 tallos molederos para la medición de peso, se realizó de la siguiente manera:

- A. Se pesaron 40 tallos molederos por cada UE y se determinó su peso en libras con una balanza electrónica, 08 días antes de la cosecha, (ver figura 40A).
- B. Se seleccionaron 40 tallos molederos con una escala ordinal, simulando la selección que realiza un cortador de caña en zafra.

Las características cualitativas que se tomaron en cuenta para la selección de los 40 tallos molederos para medición de las variables de estudio son las siguientes:

- A. Tallos mayores a un metro de longitud.
- B. No tallos mamones, ya que los cortadores de caña no los toman en cuenta al momento del corte y no los incluyen en su chora.
- C. Tallo sin daño de rata (estas cañas no llegan a molienda)
- D. Los tallos se tomaron aleatoriamente en toda la UE.

2.5.4.4 Pasos para medición de variables de producción de t/ha.

- A. Se realizó una brecha de 1.50 m de ancho de cada lado de la UE (surco), por 10 m de largo.
- B. Se cuantificaron las cañas existentes a lo largo de toda la UE.
- C. Se seleccionaron y cortaron 40 cañas molederas aleatoriamente dentro de la UE.
- D. Se midió la longitud del tallo de las 40 cañas molederas con una cinta métrica, desde la base, hasta el último entrenudo.
- E. Se cortaron los 40 tallos molederos y se hicieron paquetes de caña aproximadamente de 1 m de largo para pesarlos con la balanza electrónica.

2.5.5 Análisis de datos colectados

Posteriormente se evaluaron las variables estudiadas en un análisis de medias con una prueba de "T" de Student y se determinó si existen diferencias estadísticamente significativas entre medias.

2.5.6 Determinación y evaluación de la producción de t/ha obtenida en áreas de vetas de arena versus áreas de suelo sin vetas de arena.

La determinación de la producción de t/ha de cada uno de los tratamientos se realizó por medio de las variables de población y peso, y se evaluaron los resultados de t/ha en un análisis estadístico de medias con una prueba de "T" Student, y se determinó si existen diferencias estadísticamente significativas entre medias.

2.5.6.1 Cálculo de t/ha.

El cultivo de caña de azúcar en los lotes 4.020, 7.160 y 13.08 de la finca Monte Alegre, está sembrado en surcos con distanciamiento de 1.50 m, y se tomó una longitud de 10 m en cada UE. El cálculo de t/ha se muestra en las ecuaciones 1, 2, 3 y 4.

$$\text{Metros} \frac{\text{lineales}}{\text{ha}} = \frac{\text{Una hectarea}}{\text{Distanciamiento entre surcos}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Total de} \frac{\text{tallos}}{\text{ha}} = \frac{(\text{Ecuacion 1} * \text{Poblacion})}{\text{Metros de muestreo}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Peso total de} \frac{\text{tallos}}{\text{ha}} = \frac{\text{Ecuacion 2} * \text{Peso 40 tallos}}{\text{Numero de tallos muestreados (40)}} = \text{Kg} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\text{t/ha.} = \frac{\text{Ecuacion3}}{2,000\text{lb}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

2.5.7 Muestreo de suelos y determinación de textura existente en T1 y T2 en cada área de estudio.

2.5.7.1 Selección del sitio y procedimiento para la descripción del perfil del suelo

- A. Se elaboró una calicata por cada tratamiento de estudio, una calicata en T1 y una calicata en T2, en los lotes de estudio.
- B. Se elaboró un mapa utilizando los SIG, indicando la posición geoespacial de las calicatas con proyección GTM, y se realizó la lectura del perfil y tomas de muestra de suelos de cada horizonte, por tratamiento de estudio.

2.5.7.2 Toma de muestras de suelo en cada UE

Se tomaron tres submuestras de suelo en cada UE a una profundidad de 40 cm con un barreno helicoidal, debido a que es la longitud promedio del desarrollo radicular de la planta de caña de azúcar, y se hizo una muestra completa de las mismas por cada UE.

En la figura 21, se muestra un diseño de toma de datos de suelo, estas submuestras se tomaron a un metro de distancia de Norte a Sur y de Sur a Norte de la UE, y una submuestra al centro de la UE. De esta manera se generó una muestra compuesta, a la cual se le determinó la textura al tacto por cada UE.

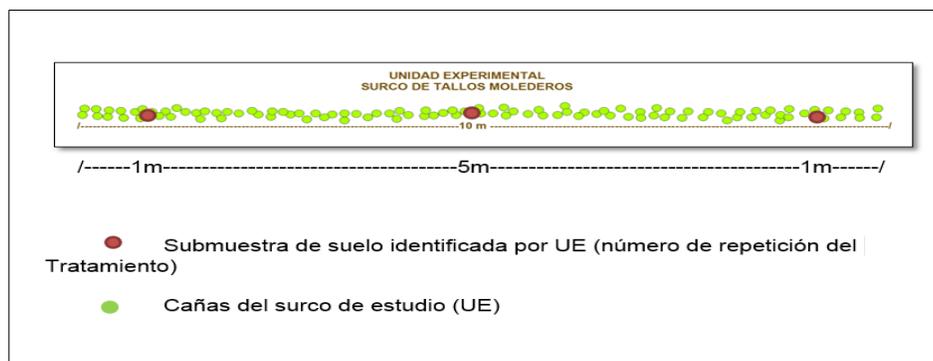


Figura 21. Diseño de muestreo de suelos en unidad experimental.

2.5.7.3 Elaboración de calicatas

Se realizaron seis calicatas en total, estas fueron ubicadas en áreas homogéneas y representativas del objeto de estudio, se realizaron dos calicatas por lote, una calicata en área de veta (T1) y una calicata en área de suelo sin veta de arena (T2), las lecturas se llevaron a cabo dos días después de la cosecha del lote, y las muestras de cada horizonte fueron analizadas en el laboratorio del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA 2014-2015).

Las calicatas se elaboraron con dimensiones que permitieron operar los instrumentos de labranza más comunes, 1 x 2 metros y de profundidad adecuada según el perfil del área de estudio.

La orientación de la calicata fue posicionada con la dimensión de 2 metros en dirección Norte- Sur, de tal forma que los rayos solares penetraran en las secciones largas de las calicatas, tanto en horas de la mañana o bien por la tarde.

2.5.7.4 Procedimiento para la descripción del perfil del suelo

- A. Se identificó el sitio a través de orto fotografías MAGA 2006 y Google Earth 2014.
- B. Se elaboraron las calicatas
- C. Se delimitación y nombraron los horizontes
- D. Se estableció la profundidad a la que se encuentra cada horizonte
- E. Se identificaron las características morfológicas de cada horizonte
- F. Se tomaron muestras de suelo en cada horizonte

2.5.8 Instrumentos y materiales para la elaboración de calicatas

En el cuadro 9, se presenta una lista de herramientas y materiales que se necesitaron para elaborar cada calicata de estudio y la lectura de cada horizonte.

Cuadro 9. Materiales y uso que se utilizaron en la elaboración y lectura de perfil del suelo en áreas de estudio.

No.	Material o Equipo	Uso
1	Piocha, pala y azadón	Apertura de calicata
2	Barreno de suelos	Medición de profundidades efectivas. Muestreo de horizontes profundos.
3	Cuchillo o machete	Limpieza del perfil, diferenciar horizontes y sus límites.
4	Lupa de bolsillo	Identificación de minerales y/o rocas. Verificar películas o cutanse.
5	Clinómetro	Medición de la pendiente del terreno
6	Mapa topográfico	Localización del sitio, determinación de coordenadas y altitud
7	Escala Munsell	Determinación de colores de los suelos
8	Agua	Determinación de consistencia en húmedo y mojado
9	Etiquetas	Para identificar las muestras
10	Cinta métrica	Medición de profundidades y límites entre horizontes
11	Geoposicionador (GPS)	Fijar punto de observación, determinar coordenadas y altitud del punto de observación

2.5.9 Envío de la muestra al laboratorio

La cantidad de muestra de suelo que se envió al laboratorio de CENGICAÑA, fue de; 1 kg, por horizonte descrito, envasado en bolsas plásticas. El suelo se identificó con etiquetas, y contenían información del lote de estudio (cultivo, manejo, ubicación geográfica, relieve), del responsable de la muestra y profundidad del horizonte muestreado.

En la figura 22, se muestran los lotes de estudio de la finca Monte Alegre (4.020, 7.160 y 13.08).

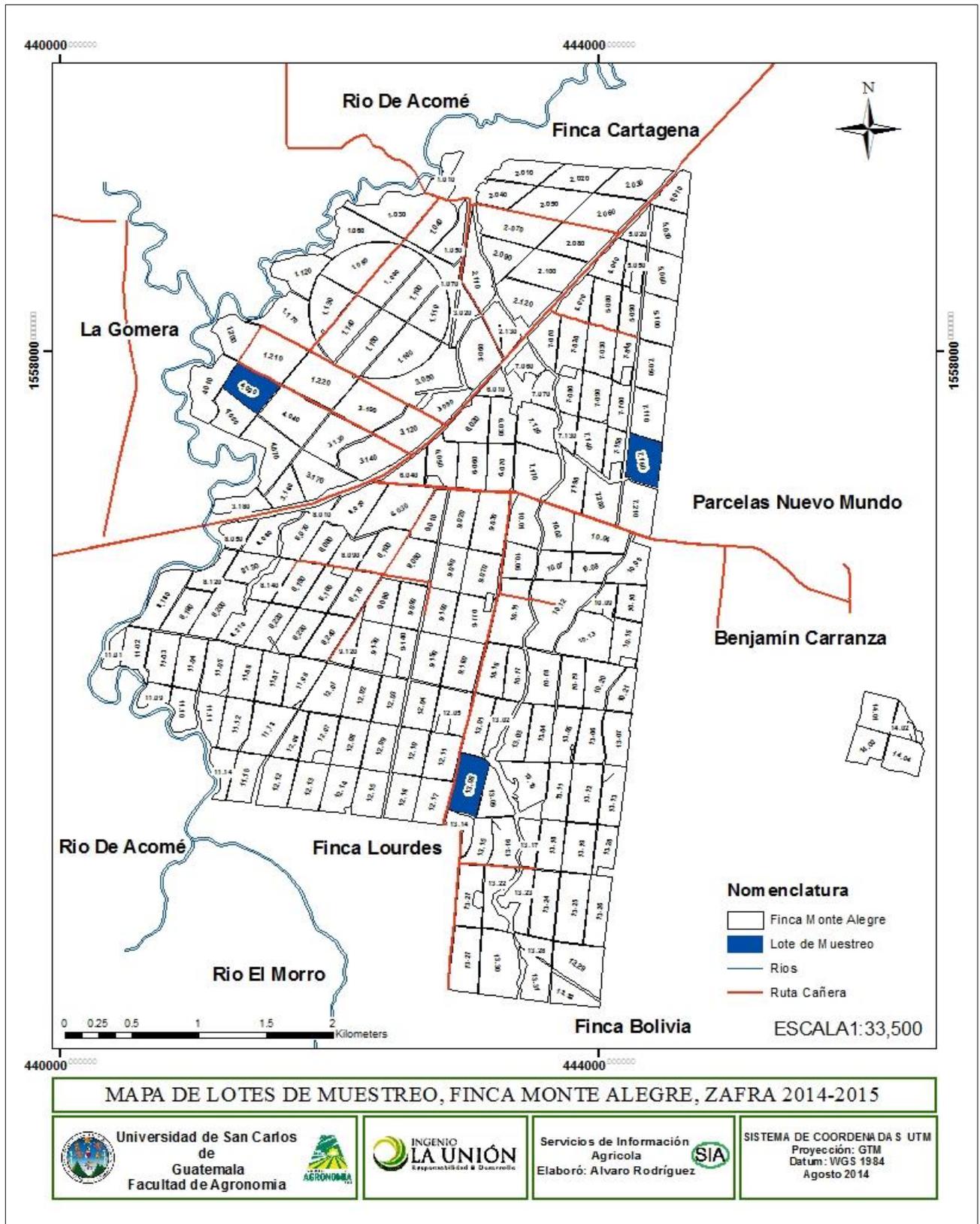


Figura 22. Mapa de lotes de estudio, finca Monte Alegre, Ingenio La Unión, Zafra 2014-2015.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Características generales y discusión del área de estudio.

En el cuadro 10, se muestra un resumen de las características de manejo agronómico que tuvo cada lote de estudio durante la zafra 2014-2015, el manejo agronómico entre tratamientos es homogéneo, la única variable entre tratamientos es el tipo de suelo.

En este cuadro, se puede observar que cada lote presenta el mismo tipo varietal, soca, edad de corte, sistema de riego, números de riego, fertilización, plagas, tipo de producto para maduración, dosis aplicada de madurante y días de maduración al corte, por lo tanto podemos decir que el manejo agronómico fue homogéneo.

2.6.2 Perfil de las unidades experimentales estudiadas

El cuadro 11, presenta un detalle por horizonte muestreado en las calicatas elaboradas (6 calicatas), este contiene los porcentajes de partículas de arcilla, limo y arena, la clase textural y profundidad a la que se encuentra, y contiene una diferencia del porcentaje de las partículas de suelo entre horizontes de cada tratamiento en profundidades similares.

Cuadro 10. Características y manejo agronómico general de los lotes evaluados.

Lote	Área total (ha)	Área de veta (ha)	% De veta de arena	Textura del primer horizonte		Cultivo			Riego		Fertilización	Época de cosecha	Plagas			Madurante			Ubicación Geográfica		
				Veta de arena	Sin veta de arena	Variedad	Soca	Edad de corte (meses)	Sistema	No. Riegos			% I.I. Barrenador	% I. Rata	Daño foliar	Producto	Dosis Aplicada	DMC	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
4.020	8.52	1.9	22	Franco Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	CP73-1547	1	11.07	Pivote central	19	6.63 qq/ha Urea	Noviembre	0.84	---	---	ROUNDUP SL	1.39	57	14°05'12.98"	91°02'33.03"	35
7.160	8.52	1.93	23	Franco Arenoso	Franco Arenoso	CP72-2086	1	12.65	Avance lateral	19	6.70 qq/ha Nitro Xtend	Febrero	0.35	0.56	---	ROUNDUP SL	1.26	36	14°04'57.30"	91°00'55.94"	36
13.08	9.51	1.88	20	Arena Franca	Franco Arenoso	CP72-2086	1	10.87	Aspersión	1.5	6.63 qq/ha Urea	Abril	---	---	---	---	---	---	14°03'34.36"	91°01'39.99"	27

Referencias:

DMC: Días de Maduración al Corte

Cuadro 11. Resumen de las clases texturales de cada horizonte encontrado en los tratamientos de estudio.

LOTE	PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE	T1 (veta de arena)				PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE	T2 (suelo sin veta de arena)				Diferencia % Arcilla	Diferencia % Limo	Diferencia % Arena
		Arcilla %	Limo %	Arena %	Clase Textural		Arcilla %	Limo %	Arena %	Clase Textural			
4.020	0-32 cm	9.61	16.06	74.32	Franco arenoso	0-26	24.31	18.43	57.27	Franco arcillo arenoso	14.69	2.36	17.05
	32-44 cm	7.52	11.96	80.53	Arena franca	26-50	26.47	47.47	26.06	Franco	18.96	35.51	54.47
	45-100 cm	3.21	3.81	92.99	Arena	50-70	15.85	44.93	39.22	Franco	12.64	41.12	53.77
						70-105	3.45	9.82	86.73	Arena			
promedio				82.61%				40.85%				42%	
7.160	0-60 cm	11.12	17.84	71.04	Franco arenoso	0-30	8.90	19.96	71.14	Franco arenoso	-2.22	2.12	-0.10
	60-80 cm	6.86	17.77	75.38	Franco arenoso	30-50	6.83	15.72	77.45	Arena franca	-0.03	-2.05	-2.08
	80-100 cm	2.74	11.69	85.56	Arena franca	55-100	6.76	29.62	63.62	Franco arenoso	4.02	17.92	21.94
promedio				77%				70.40%				0.07	
13.08	0-37	6.65	9.74	83.61	Arena franca	0-43	9.01	22.02	68.97	Franco arenoso	2.36	12.28	14.64
	37-69	4.74	4.06	91.20	Arena	43-70	8.74	9.62	81.64	Arena franca	4.00	-5.56	9.56
	69-100	2.81	2	95.19	Arena	70-83	6.71	3.90	89.40	Arena	3.90	-1.90	5.79
						87-100	7.23	0.00	93.17	Arena			
promedio				90%				80%				10%	

Los lotes de producción mencionados en el cuadro 10, presentan áreas determinadas como; “vetas de arena”, éstas contienen distintos porcentajes de arena en la clase textural del lote de producción, por lo tanto a través de los SIG, se delimitaron estas áreas y se determinaron como; T1 (veta de arena), el resto del área del lote que no está clasificada como veta de arena, fue el segundo tratamiento que se estableció, se cuantificó el área, y se nombró como; T2 (suelo sin veta de arena).

Los tres tratamientos de vetas de arena, ubicados cada uno en diferentes lotes, contienen un área de influencia sobre el lote de producción similar, y se determinó que el porcentaje de veta de arena está entre el 20 y 23 por ciento en cada lote (cuadro 10).

Los lotes de producción 4.020 y 13.08 presentaron una diferencia en la clase textural del suelo entre los tratamientos de estudio, el lote 7.160 no presentó una diferencia en el contenido de arena entre tratamientos (cuadro 11).

El lote de producción 4.020 y 13.08 fueron los que presentaron la característica de mayor número de tallos mamones en los tratamientos T2 (suelo sin veta de arena) debido a que la caña que se encontraba en suelos francos arenosos tenía más peso que la caña de suelos arenosos (cuadro 14).

El lote de producción 7.160 no presentó diferencias de tallos mamones en ambos tratamientos, debido a que el tratamiento T1 presentó la misma clase textural de suelo que el tratamiento T2 (ver cuadro 11). Por lo tanto se puede mencionar que la producción de t/ha, son similares en este lote de producción debido a la misma clase textural que este presenta en ambos tratamientos (cuadro 11).

2.6.3 Variables evaluadas sobre la producción de t/ha en los lotes de estudio.

2.6.3.1 Población

El cuadro 12, presenta el número y diferencia de tallos molederos promedio por metro lineal entre los dos tratamientos estudiados (vetas de arena, y suelo sin veta de arena). Los resultados presentados en el siguiente cuadro se obtuvieron a través de muestreo de campo y se analizaron por medio de una prueba de medias (Prueba de "T" Student) con un intervalo del 95% de confianza para la media calculada, y un nivel de significación del 5%.

Cuadro 12. Prueba de "T" Student para la población de caña de azúcar.

UE	CON VETA	SIN VETA	DIFERENCIA	%	SIGNIFICANCIA
Lote 4.020	8	11	3	26%	EXISTE
Lote 7.160	10	11	1	5%	NO EXISTE
Lote 13.08	16	18	2	13%	NO EXISTE

La variable población, que presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, se determinó en el lote de producción 4.020, este lote se cosechó en la primer quincena del mes de noviembre de la zafra 2014-2015, a lo largo del desarrollo del cultivo se regó en época seca (verano).

En la figura 23, se muestra un comparativo de tallos molederos por metro lineal entre lotes de estudio, en el área de veta de arena, la población fue, 3 tallos por metro lineal menos que el área de suelo sin veta de arena para el lote 4.020. Además esta veta contiene un 17.05% de arena más que el tratamiento T2 (suelo sin veta de arena) en el primer horizonte del perfil del suelo, y existe un 14.69% más de arcilla en el T2 que el T1.

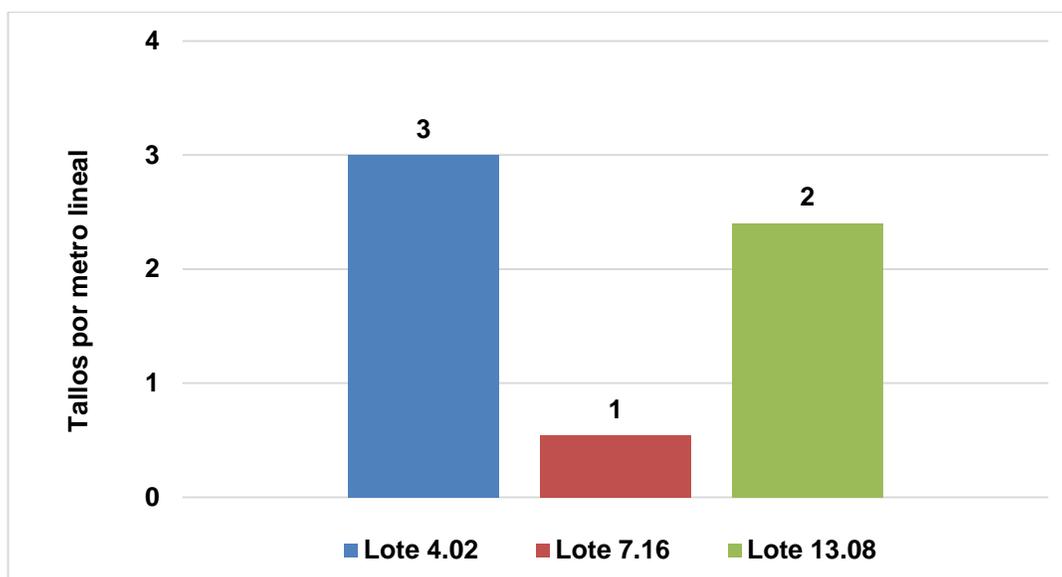


Figura 23. Comparativo de tallos molederos por metro lineal, entre los lotes de estudio.

Este porcentaje mayor de arcilla hace que el suelo tenga mayor capacidad de retención de humedad, proporcionando elementos disponibles al sistema radicular y un mejor estado de desarrollo para el cultivo. El mayor contenido de arena en el tratamiento T1 del lote 4.020 hace que disminuya el número de tallos por metro lineal en áreas identificadas como vetas de arena (ver cuadro 11), debido a la poca capacidad de retención de agua que el suelo puede retener.

Este lote de producción contiene un sistema de riego mecanizado por pivote central, lo que indica que la distribución de lámina de agua sobre el suelo, es lo más homogénea posible, el número de riegos en ambos tratamientos fueron iguales (cuadro 10) dentro del lote, lo que determina que los 3 tallos por metro lineal menos en vetas de arena, se le puede atribuir a la clase textural del suelo en el tratamiento T1 (cuadro 11).

Para la variable población, los lotes 7.160 y 13.08 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (ver cuadro 12), esto debido a que la clase textural del suelo es similar entre tratamientos en el primer horizonte del perfil del suelo, el lote 7.160 presenta el mismo tipo de textura entre tratamientos y el 13.08 contiene un 14.64% de diferencia de arena entre tratamientos.

Estos dos lotes de producción contienen un rango de diferencia del porcentaje de arcilla únicamente entre 0 y 2.5% (cuadro 11), esto permitió que el suelo de ambos lotes en los tratamientos, tuvieran la misma capacidad de retención de agua y permitió que existiera un número de tallos similares entre tratamientos al final de la cosecha. Los lotes 7.160 y 13.08 fueron cosechados en los meses de febrero y abril (cuadro 10).

Se determinó que en los lotes 7.160 y 13.08 no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (cuadro 12).

Por lo tanto se establece que para la zafra 2014-2015 las vetas de arena de los lotes 7.160 y 13.08 que influyen en un 21.5% promedio sobre el área del lote, no afectaron la variable de población, y se determina que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos evaluados. Posteriormente se establece que el lote 4.020 si fue afectada la población en la zafra 2014-2015, debido a las clases texturales y diferencias de contenidos de arena y arcilla entre tratamientos de estudio (ver cuadro 11).

2.6.3.2 Longitud de tallos molederos.

En el cuadro número 13, se presenta el resumen de longitudes promedio de tallos molederos entre los dos tratamientos estudiados, (veta de arena y suelo sin veta

de arena) en la finca Monte Alegre. Los resultados presentados en el siguiente cuadro se obtuvieron a través de muestreo de campo y se analizaron por medio de una prueba de medias (Prueba de "T" Student) con un intervalo del 95% de confianza para la media calculada, y un nivel de significación del 5%.

Cuadro 13. Prueba de "T" Student para la longitud de tallos molederos de caña de azúcar (m).

UE	CON VETA	SIN VETA	DIFERENCIA	%	SIGNIFICANCIA
Lote 4.020	3.45	3.76	0.31	8%	NO EXISTE
Lote 7.160	3.01	2.95	0.06	2%	NO EXISTE
Lote 13.08	2.38	2.92	0.54	18%	EXISTE

Para cada tratamiento se evaluó la variable de longitud de tallo moledero por medio de un análisis estadístico de comparación de medias, con el objetivo principal de determinar si las vetas de arena causan un efecto negativo en la longitud del tallo.

De esta manera se pudo determinar que el único lote que presenta diferencias estadísticamente significativas entre medias de los tratamientos, es el lote 13.08, debido a que el perfil de la veta de arena de este lote, contiene horizontes con texturas completamente arenosas (cuadro 11).

Esta veta de arena contiene piedras mayores a los 5 milímetros en el primer horizonte, las características de la clase textural, el tipo de riego y la época de cosecha, son factores que limitaron el crecimiento del cultivo en la veta de arena del lote 13.08 para la zafra 2014-2015.

En la figura 24, se observa que la veta de arena que mayor efecto negativo produjo para la variable de longitud de tallo, fue la que está en el lote 13.08, de la finca Monte Alegre, y contiene una diferencia de medias entre tratamientos de 54

cm, el efecto negativo en la longitud del tallo, se le puede atribuir al contenido de arena que esta contiene.

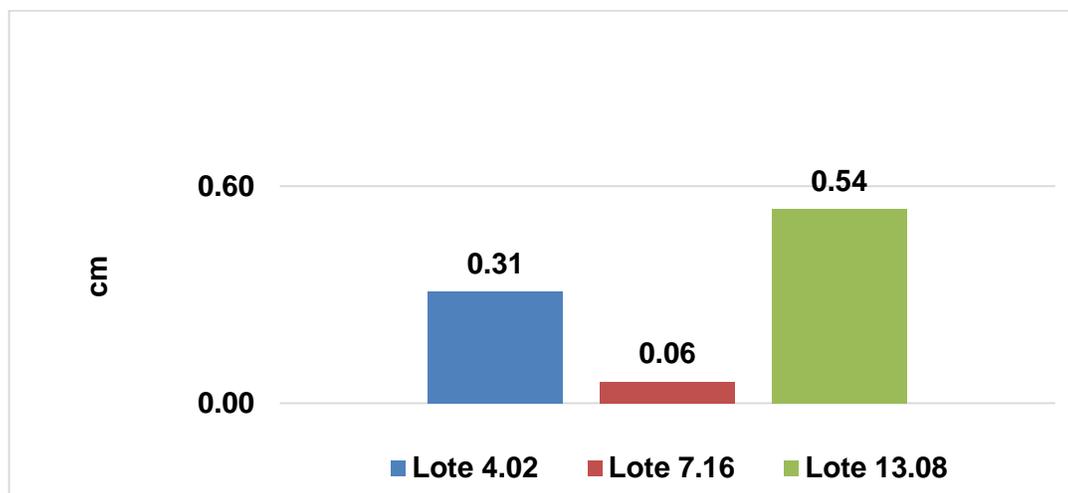


Figura 24. Comparativo de longitud de tallos molederos entre lotes de estudio.

Debido al tipo de riego (aspersión) y las condiciones texturales del lote 13.08, el déficit de agua provocó que los tallos molederos no alcanzaran su longitud promedio en el área de veta de arena, que es de 2.92 m, para la variedad CP72-2086.

La longitud del tallo moledero es más afectada en áreas arenosas, esto debido a la poca retención de humedad del suelo, el déficit hídrico provoca un menor crecimiento y desarrollo de los entrenudos, por lo tanto el tallo sufre durante su periodo fenológico y no tiene las mismas características físicas que los tallos de suelos francos (cuadro 13).

Por lo tanto podemos inferir que las vetas de arena influyeron en un efecto estadísticamente negativo solo en el lote 13.08 y en promedio las vetas de arena influyen en un 8% sobre la variable de longitud en los tallos molederos de los tres lotes evaluados, siendo solo el lote 13.08 el único afectado en el crecimiento del tallo de caña de azúcar por vetas de arena.

2.6.3.3 Peso

En el cuadro 14, se presenta un resumen comparativo de la variable de peso entre los dos tratamientos estudiados. Los resultados presentados en el siguiente cuadro se obtuvieron a través de muestreo de campo y se analizaron por medio de una prueba de medias (Prueba de "T" Student) con un intervalo del 95% de confianza para la media calculada, y un nivel de significación del 5%.

Cuadro 14. Prueba de "T" Student para la variable de peso en caña de azúcar (Kg).

UE	CON VETA	SIN VETA	DIFERENCIA	%	SIGNIFICANCIA
Lote 4.020	70.37	77.91	7.54	10%	NO EXISTE
Lote 7.160	55.45	55.91	0.45	1%	NO EXISTE
Lote 13.08	40.65	70.27	29.62	42%	EXISTE

Se pudo observar en el muestreo de las unidades experimentales que en los tratamientos T1 (veta de arena) no existía la misma cantidad de tallos mamones, respecto a los tratamientos T2 (suelo sin veta de arena), esto debido a que la caña que se encuentra sembrada en suelos arenosos contiene menor peso que la caña que se encuentra en suelos francos (cuadro 14), esta diferencia de peso es provocada por un déficit de agua, y posteriormente al no recibir un riego adecuado a la clase textural, el cultivo entra en estrés hídrico, provocando pérdidas de peso al momento de la cosecha.

Se realizó un análisis estadístico de medias entre los tratamientos T1 y T2 con el objetivo principal de identificar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los pesos de cada uno, y determinar si las vetas de arena causan efectos negativos en el peso del tallo.

En la figura 25, podemos observar que el lote 13.08, presento una diferencia de 29.62 Kg entre tratamientos, y estadísticamente tuvo un efecto negativo de 42% sobre el peso (Kg).

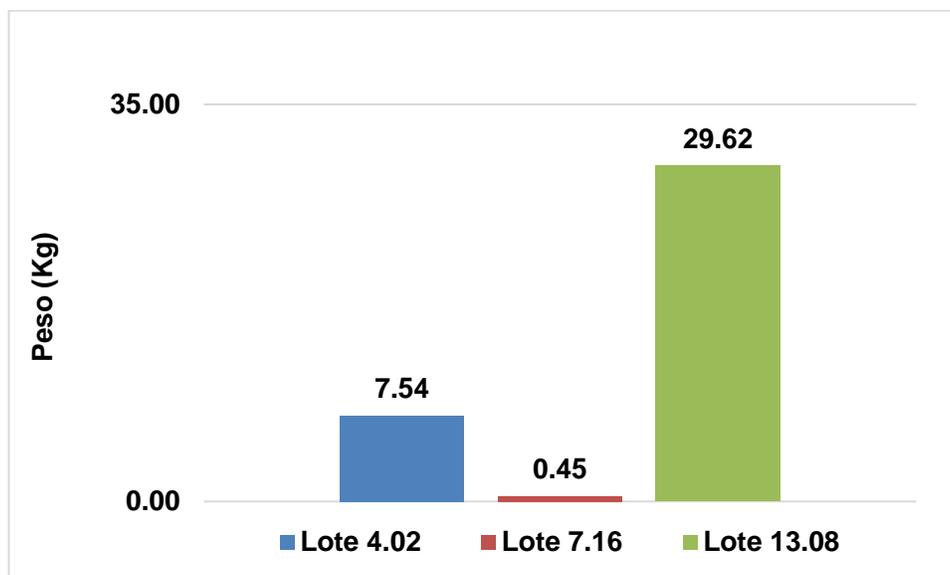


Figura 25. Comparativo de peso entre lotes de estudio.

El porcentaje de área de influencia de veta de arena sobre el lote 13.08 es similar al de los demás lotes evaluados (ver cuadro 10), pero las condiciones texturales de esta veta de arena influyen más en el peso de cada tallo, debido a que el perfil del suelo tiene menor capacidad de retención de agua por el alto contenido de las partículas de arena.

El primer horizonte del perfil del suelo de la veta de arena del lote 13.08, presenta una diferencia de 14.64 % del contenido de arena en relación al primer horizonte del tratamiento T2, este porcentaje de arena y el poco contenido de partículas de arcilla en el T1 (veta de arena), son las causas por las cuales en estas áreas se presenta un bajo promedio de peso, siendo este un problema serio, si no se le da un manejo adecuado específicamente a estas áreas, ya que estas provocan variabilidad en la productividad.

2.6.3.4 Toneladas métrica de caña por hectárea.

En el cuadro 15, se presentan las toneladas métricas de caña por hectárea obtenidas en cada tratamiento de estudio, su diferencia y el porcentaje de efecto negativo que produjo la veta de arena sobre la producción de caña de azúcar, para la zafra 2014-2015. Los resultados presentados en el siguiente cuadro se obtuvieron a través de muestreo de campo y se analizaron por medio de una prueba de medias (Prueba de "T" Student) con un intervalo del 95% de confianza para la media calculada, y un nivel de significación del 5%.

Cuadro 15. Prueba de "T" Student para la variable de toneladas métricas de caña de azúcar.

UE	CON VETA	SIN VETA	DIFERENCIA	%	SIGNIFICANCIA
Lote 4.020	99	147	48	33%	EXISTE
Lote 7.160	92	98	6	6%	NO EXISTE
Lote 13.08	107	214	107	50%	EXISTE

Podemos observar que las medias entre los tratamientos del lote 7.160 son similares, debido a esto, estadísticamente no existe significancia (ver cuadro 15), la veta de arena solo produjo un 6% de efecto negativo sobre la producción de toneladas métricas por hectárea, lo cual no afectó a la producción de toneladas métricas de caña por hectárea dentro del lote de producción.

Por lo tanto podemos decir que, para el lote 7.160, las variables de producción estudiadas en vetas de arena, (población, longitud y peso de tallos molederos) versus las variables de los tratamientos T2 (suelo sin veta de arena), ninguna fue estadísticamente significativa y las medias entre tratamientos fueron similares, por lo que la producción total no es afectada por la vetas de arena, esto debido al contenido similar de arena y clase textural del perfil del suelo (cuadro 11).

La veta de arena del lote 7.160, influye un 23% sobre el área total del lote, ambos tratamientos presenta texturas iguales en el primer horizonte del perfil del suelo (ver cuadro 11), el primer horizonte de la veta de arena no presenta diferencia entre porcentaje de arena y arcilla entre tratamientos, debido a estas características similares en el suelo y el manejo agronómico entre tratamientos, esta veta de arena no es un factor que afecte a la producción de toneladas métricas de caña por hectárea. Los lotes 4.020 y 13.08, si presentan diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos, estos lotes contenían diferencias de arena en el primer horizonte entre tratamientos, siendo la veta de arena del lote 4.020 la que presentó mayor contenido (cuadro 11).

Ambas vetas de arena presentaron durante la zafra 2014-2015 un manejo agronómico igual al manejo del suelo sin veta de arena (cuadro 6), la producción de toneladas métricas de caña por hectárea, si presenta diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en los lotes 4.020 y 13.08, esto debido al cambio de textura en el primer horizonte del perfil del suelo, se puede inferir que las vetas de arena si afectan a la producción al momento que los contenidos de arena se encuentran presentes.

En la figura 26, se observa la diferencia de Tm/ha, por lo tanto, se puede mencionar que las vetas de arena de los lotes evaluados de la finca Monte Alegre, no son iguales en contenidos de arena ni en el porcentaje de área de influencia sobre el lote, no todas afectan la producción por condiciones texturales, manejo y área, y en la zafra 2014-2015 las vetas de arena que si afectaron la producción de toneladas métricas de azúcar por hectárea fueron las que están dentro de los lotes 4.020 y 13.08, esto debido directamente por su mayor contenido de arena que cada una contiene en el primer horizonte (cuadro 11).

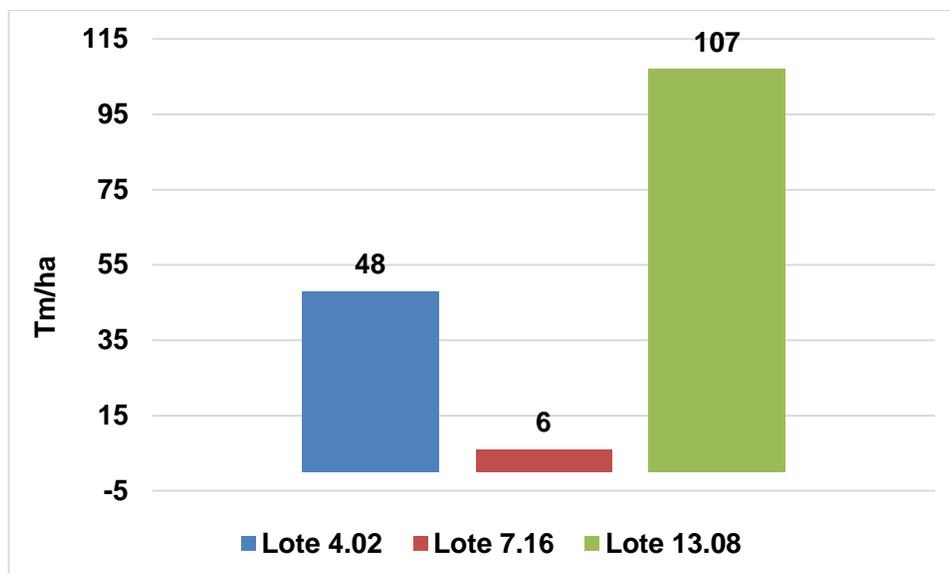


Figura 26. Comparativo de Tm/ha entre lotes de estudio.

2.6.3.5 Análisis de las texturas determinadas en los lotes de estudio.

En el cuadro 11 se presentan las clases texturales de cada horizonte encontrado en los tratamientos de estudio (vetas de arena y suelo sin veta de arena).

Se puede determinar que las vetas de arena afectaron la producción (toneladas métricas de caña por hectárea) en los lotes 4.020 y 13.08, esto debido a las diferencias de los porcentajes de las partículas de arena del suelo, el lote 7.160 no es afectado por vetas de arena debido a su clase textural del primer horizonte (franco arenoso), se puede mencionar que a mayor porcentaje de arena dentro de la veta, la influencia negativa sobre la productividad del lote es mayor.

Las condiciones de manejo agronómico para la zafra 2014-2015 (ver cuadro 10) sobre los lotes de estudio de la finca Monte Alegre son iguales, el manejo cambia solo en bloques (grupo de lotes) mayores a las 15 hectáreas, por lo tanto la variabilidad que existe en la productividad de toneladas métricas de caña por

hectárea en los lotes evaluados (ver cuadro 15), es debido a las condiciones heterogéneas que presenta el suelo dentro de cada lote de producción.

- A. En las zonas arenosas se pudo identificar que no existe el efecto de acame, este, “ocurre de forma bastante aleatoria debido aparentemente a la influencia del viento sobre la caña”.

- B. En los horizontes francos, se da el efecto de acame por el peso de la caña, debido que los tallos de estos suelos presentan mayor peso y altura a los de áreas de veta de arena. En los tratamientos de vetas de arena se observó que existía un número menor de tallos mamones por metro lineal y los diámetros de los tallos molederos eran menores, el menor número de tallos mamones es debido a que no existe efecto de acame.

- C. En los perfiles de los tratamientos estudiados, el sistema radicular del cultivo de la caña de azúcar, se concentró a una profundidad promedio de 0.40 m en vetas de arena, y en el suelo sin veta de arena fue de 0.30 m.

Las condiciones de textura son la principal causa para que no existan tallos mamones en áreas de vetas, la caña de las áreas arenosas no se cae tan fácilmente con el viento, debido a que el peso y la altura son relativamente menor a la caña de las áreas de suelos francos. Por lo tanto, la caña con mayor peso y altura cae con mayor facilidad debido a que estas características la vuelven vulnerable al viento, este factor causa serios problemas en la cosecha debido a que la caña tirada es más difícil de cortar con relación a la caña completamente erecta.

De las variedades estudiadas, la CP 73-1547 es la que mayor problema tiene con el acame, esta variedad tiene un promedio de 3.76 m de altura en suelo franco y 3.45 m de altura en vetas de arena, la diferencia de 31 cm de longitud vuelven más vulnerable al tallo al acame, la altura promedio del tallo moledero de la

variedad CP72-2086 en suelo franco es de; 2.96 m lo cual disminuye el riesgo de que exista acame por el peso debido a la altura.

Los lotes con mayores contenidos de arena, son los que estadísticamente causan un efecto negativo en la productividad de t/ha (4.020 y 13.08), los T1(veta de arena) presentaron un perfil del suelo con un promedio de 82.66 % de arena, versus el T2 (suelo sin veta) que contiene un promedio de 52.32% de arena, esta diferencia de 30.64% de arena, es la que causa un efecto negativo en la producción de t/ha ya que en el lote 7.160 el perfil del suelo presentó un promedio de 77.33% de partículas de arena en el T1, versus a el T2 que contiene un promedio de 71% de arena, por lo tanto podemos mencionar que el 6.33% de diferencia entre los tratamientos del lote 7.160.

2.6.3.6 Muestreo de suelos y determinación de textura existente en T1 y T2, lote 4.020, finca Monte Alegre.

En el cuadro 16, se observan los resultados texturales de una calicata en el tratamiento 1 (veta de arena), este presentó en el primer horizonte una textura franco arenoso, posteriormente una textura arena franca y arena, según resultados del laboratorio de suelos de CENGICAÑA, la cual no es el mejor perfil para el desarrollo del sistema radicular de la caña.

Cuadro 16. Análisis textural, tratamiento 1, lote 4.020.

 Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico						
Fecha	Horizonte	Estrato	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura
			%	%	%	
13/12/2014	Horizonte A	32	9.61	16.06	74.32	Franco arenoso
13/12/2014	Horizonte A-1	32-44	7.52	11.96	80.53	Arena franca
13/12/2014	Horizonte C	45-100	3.21	3.81	92.99	Arena

Fuente: laboratorio de suelos CENGICAÑA 2015.

En las zonas de vetas de arena los nutrientes y contenido de humedad se pierden fácilmente, lo que hace poco disponibles para la planta, por lo tanto en los dos tratamientos estudiados se determinó el tipo de textura al tacto y a nivel de laboratorio a través del perfil del suelo, se hizo con el objetivo de asegurar la textura de cada tratamiento de estudio y de acuerdo a los resultados podemos concluir que a partir de los 32 cm, el horizonte de la veta de arena posee altos contenidos de partículas de arena

El cuadro 17, muestra los tipos de horizontes que se encuentran en el tratamiento T2 del lote 4.020 de finca Monte Alegre, estos presentan la clase textural y los diferentes contenidos de partículas de suelo a diferentes profundidades.

Cuadro 17. Análisis textural, tratamiento 2, lote 4.020.

 Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico						
Fecha	Horizonte	Estrato	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura
			%	%	%	
13/12/2014	Horizonte A	26	24.31	18.43	57.27	Franco arcillo arenoso
13/12/2014	Horizonte B	26-50	26.47	47.47	26.06	Franco
13/12/2014	Horizonte B-1	50-70	15.85	44.93	39.22	Franco
13/12/2014	Horizonte C	70-105	3.45	9.82	86.73	Arena

Fuente: laboratorio de suelos CENGICAÑA 2015.

En las zonas de suelo franco, los nutrientes y contenido de humedad se encuentran fácilmente disponibles para la planta, esto debido a la capacidad de retención de humedad del suelo por el contenido de partículas de arcilla, el tratamiento T2 contiene un primer horizonte tipo A (0-26 cm) con un 24.31% de arcilla, y el tratamiento T1 (cuadro 16) contiene un 9.61 % de arcilla, existe entre estos dos primeros horizontes una diferencia de 14.7% del contenido de arcilla, se puede inferir que el menor contenido de arcilla y mayor contenido de arena (17.05

%) para el tratamiento T1, pueda ser el factor que influyó en la variable de población y toneladas métricas de caña por hectárea para el lote 4.020.

2.6.3.7 Muestreo de suelos y determinación de textura existente en T1 y T2 lote 7.160, Finca Monte Alegre

El cuadro 18, muestra los tipos de horizontes que se encuentran en el tratamiento T1 del lote 7.160 de finca Monte Alegre, estos presentan la clase textural y los diferentes contenidos de partículas de suelo a diferentes profundidades.

Cuadro 18. Análisis textural, tratamiento 1, lote 7.160.

 Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico						
Fecha	Horizonte	Estrato	Arcilla %	Limo %	Arena %	Tipo de Textura
06/02/2015	B	0-60	11.12	17.84	71.04	Franco arenoso
06/02/2015	B-1	60-80	6.86	17.77	75.38	Franco arenoso
06/02/2015	C	80-100	2.74	11.69	85.56	Arena franca

Fuente: laboratorio de suelos CENGICAÑA 2015

Los contenidos de arena del tratamiento T1 (veta de arena) son del 71.04% al 85.56%, por lo tanto se podría deducir que de acuerdo a los resultados obtenidos que las medias de las variables de peso y longitud de tallo moledero pueden ser afectadas por los contenidos de arena, esto como efecto al déficit de agua y fertilidad.

El cuadro 19, presenta los tipos de horizontes que se encuentran en el tratamiento T2 del lote 7.160 de finca Monte Alegre, estos presentan la clase textural y los diferentes contenidos de partículas de suelo a diferentes profundidades.

Cuadro 19. Análisis textural, tratamiento 2, lote 7.160.

 Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico						
Fecha	Horizonte	Estrato	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura
			%	%	%	
06/02/2015	B	0-30	8.90	19.96	71.14	Franco arenoso
06/02/2015	B-1	30-50	6.83	15.72	77.45	Arena franca
06/02/2015	C	55-100	6.76	29.62	63.62	Franco arenoso

Fuente: laboratorio de suelos CENGICAÑA 2015.

Se observa en el cuadro 18 y 19 que el primer horizonte del tratamiento T1 y T2 presentaron la misma clase textural, esta característica y promedio de arena similar en ambos horizontes, es la causa por la cual los resultados obtenidos en las variables estudiadas, no presentan diferencias estadísticamente significativas (ver cuadro 12, 13, 14 y 15).

2.6.3.8 Muestreo de suelos y determinación de textura existente en T1 y T2, lote 13.08, finca Monte Alegre.

El cuadro 20, presenta los tipos de horizontes que se encuentran en el tratamiento T1 del lote 13.08 de finca Monte Alegre, estos presentan la clase textural y los diferentes contenidos de partículas de suelo a diferentes profundidades.

Cuadro 20. Análisis textural, tratamiento 1, lote 13.08.

 Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico						
Fecha	Horizonte	Estrato	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura
			%	%	%	
06/05/2015	0-37	La Unión	6.65	9.74	83.61	Arena franca
06/05/2015	37-69	La Unión	4.74	4.06	91.20	Arena
06/05/2015	69-100	La Unión	2.81	2.00	95.19	Arena

Fuente: laboratorio de suelos CENGICAÑA 2015.

El lote 13.08 presentó la mayor diferencia de toneladas métricas de caña por hectárea entre lotes estudiados (4.020, 7.160, 13.08) para la zafra 2014-2015.

En el cuadro 20, se presenta el contenido de arena del perfil del suelo del tratamiento T1 (veta de arena), este presenta un promedio de 90% de partículas de arena, es la veta con mayor contenido de arena a nivel de perfil, entre las vetas estudiadas, el lote presentó en los resultados existe una diferencia menor de 107 toneladas de caña por hectárea (cuadro 15), por lo tanto afecta un 50% la productividad del lote, se puede inferir que el alto contenido de arena, la clase textural del suelo, época de cosecha, tipo y números de riego (cuadro 10), son los principales factores por lo cual la veta de arena provocó un efecto negativo para las variables estudiadas.

El cuadro 21, presenta los tipos de horizontes que se encuentran en el tratamiento T2 del lote 13.08 de finca Monte Alegre, estos presentan la clase textural y los diferentes contenidos de partículas de suelo a diferentes profundidades.

Cuadro 21. Análisis textural, tratamiento 2, lote 13.08.

 Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico						
Fecha	Horizonte	estrato	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de
			%	%	%	Textura
06/05/2015	B	0-43	9.01	22.02	68.97	Franco arenoso
06/05/2015	E	43-70	8.74	9.62	81.64	Arena franca
06/05/2015	B-1	70-87	6.71	3.9	89.4	Arena
06/05/2015	C	87-100	7.23	0	93.17	Arena

Fuente: laboratorio de suelos CENGICAÑA 2015.

Los resultados obtenidos de las variables estudiadas, indican que los efectos negativos en la producción de toneladas de caña por hectárea son por el alto contenido de arena, el cuadro 17 presenta los resultados del análisis textural del perfil de suelo del tratamiento T2, este contiene un 14.64% menos de partículas de arena versus el tratamiento T1 del lote 13.08, y un contenido de 2.36% más de arcilla en el primer horizonte de estudio, por lo tanto podemos inferir que la mayor cantidad de arena en el tratamiento T1 y mayor contenido de arcilla en el tratamiento T2, generaron efectos estadísticamente negativos en la producción del lote 13.08 de la zafra 2014-2015 (cuadro 15).

2.7 CONCLUSIONES

- A. Al comparar las variables medidas (población, longitud y peso de tallos molederos) en los lotes de producción de caña de azúcar 4.020, 7.160 y 13.08 de la finca Monte Alegre, para el periodo de zafra 2014-2015 por medio de una prueba de "T" Student, se determinó que las vetas de arena, causan efectos negativos en las variables evaluadas en relación al porcentaje de partículas de arena que estas contengan, el efecto negativo aumenta sobre la productividad, cuando los contenidos de área aumentan.

- B. Se determinó que la producción (t/ha) obtenida en los lotes de estudio es afectada directamente por la textura, el lote 7.160 presentó la misma clase textural en el primer horizonte (Franco Arenoso), y este no presentó estadísticamente significancia entre medias, se puede inferir que la productividad de t/ha en vetas de arena es menor versus área de suelos francos, esto debido a que estos suelos tienen mayor capacidad de retención de humedad

- C. Las texturas de los perfiles de los tratamientos de estudio en los lotes 4.020, 7.160, 13.08, se determinaron en el laboratorio de suelos de CENGICAÑA, por medio de muestras que se obtuvieron de calicatas, debido a los resultados obtenidos (cuadro 11) se puede determinar que: las vetas de arena de la finca Monte Alegre no presentan la misma clase textural entre ellas, contienen diferentes porcentajes de arena, limo y arcilla, forma y ubicación en relación a profundidad.

2.8 RECOMENDACIONES

- A. Debido a que existen diferentes tipos de vetas de arena por su textura, se debería de realizar una clasificación de tipos de vetas por medio de una escala nominal, y posteriormente darle un manejo agronómico adecuado a cada nivel de veta que se identifica en el lote.

- B. No se puede dar el mismo manejo agronómico entre vetas ya que estas poseen diferentes contenidos de partículas de arena en sus diferentes horizontes, como se puede observar, la veta del lote 7.160 no posee el mismo contenido de arena de las demás vetas estudiadas.

- C. Hacer aplicaciones de cachaza, ceniza y material orgánico, específicamente sobre las vetas de arena identificadas (pendiente tesis de cachaza).

3 CAPÍTULO III

Informe final de servicios realizados en el departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA) de Ingenio La Unión S.A. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

3.1 PRESENTACIÓN

La función del departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA) es el “Procesamiento y administración de datos e información organizada y lista para cubrir las necesidades de las superintendencias, departamentos y zonas de producción del área agrícola en forma adecuada y amigable de manera que sean útiles en la toma de decisiones de todos los integrantes de la gerencia agrícola.

Por lo tanto el departamento de SIA contiene una gran información de campo que puede ser capturada y analizada por los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el objetivo de transformarla en cartografía digital y generar nuevos productos dinámicos que permitan tomar decisiones más rápidas y prácticas en campo.

Inicialmente se realizó un diagnóstico en el departamento de SIA en el área de SIG, con el objetivo de identificar problemas y generar soluciones para los integrantes que forman la gerencia agrícola.

Se determinó que no existía una cartografía de vetas arenosas, las cuales podrían requerir potencialmente un manejo distinto al de área de no vetas, por lote en las fincas bajo administración del Ingenio La Unión, ni proyectos para el monitoreo georreferenciado del rendimiento potencial (Kg/Tm) de azúcar, así como muchos más, sin embargo de acuerdo al tiempo de la práctica se decidió trabajar específicamente con estos dos servicios.

Por lo tanto, en el siguiente documento se presentan los servicios que se realizaron en el periodo, agosto 2014-mayo 2015, los cuales han permitido aproximar de mejor manera la información de campo, 1) Primera aproximación de la clasificación del porcentaje de área influenciada con veta arenosa sobre el lote en fincas bajo administración del Ingenio La Unión y 2) Monitoreo del rendimiento potencial (Kg/Tm) de los lotes cerrados (Core Sampler) mensual, Zafra 2014-2015.

3.2 AREA DE INFLUENCIA

La cartografía digital y temática nueva que se generó en los servicios, abarca un área total de 19,933.03 ha.

El apoyo en digitalización de áreas de estudio, creaciones y actualizaciones de mapas temáticos, podrá facilitar al usuario una mejor planificación con una vista en diferentes planos para cada uno de los lotes y fincas que componen el total del área de estudio.

Los servicios se realizaron en el departamento de SIA en el área de SIG, de Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, pero el trabajo propio del EPS cubrió áreas fuera del ingenio como finca Monte Alegre ubicada en el municipio de la Gomera Escuintla.

3.3 OBJETIVO GENERAL

Apoyar al departamento de Servicios de Información Agrícola (SIA) directamente en información cartográfica digital y física, para los usuarios del área agrícola de Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

3.4 SERVICIOS PRESTADOS

3.4.1 Primera aproximación de la clasificación del porcentaje de área influenciada con veta de arena sobre el lote en fincas bajo administración de Ingenio La Unión, S.A.

3.4.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente los suelos de las fincas bajo administración de Ingenio La Unión, presentan una productividad de caña de azúcar heterogénea en un mismo lote, las vetas arenosas son unas de las principales causantes de este efecto en el cultivo, provocando menor densidad, altura, peso y producción de caña de azúcar al momento que se da un déficit de agua en el área, la planta sufre de estrés hídrico, y este factor es uno de los principales para que la planta sea afectada por otras variables, como: plagas y enfermedades, al momento de que la planta llega a un estado de punto de marchites permanente, puede morir y no llegar a cosecha, y si en dado caso llega, al momento de la quema, la planta se reduce a cenizas debido a su bajo contenido de jugo en el tallo.

La ubicación geoespacial de las vetas arenosas que afectan a cada finca del Ingenio La Unión, no están digitalizadas y plasmadas en un mapa, (Zafra 2014-2015), por esta motivo el manejo agronómico es el mismo para todo el lote, esto significa que la veta arenosa se traslapa en el lote y produce efectos negativos en crecimiento y producción, si la veta arenosa estuviera georreferenciada, se pudiera manejar diferente a la demás área de suelo sin veta.

Es decir, manejos diferentes de riego, variedad, manejo integrado de plagas, aplicación de madurante, fertilización, control de malezas, momento de cosecha, quemadas, etc.

Por lo tanto es indispensable realizar una primera aproximación de clasificación del porcentaje y ubicación de área influenciada con veta arenosa sobre el lote en fincas bajo administración del Ingenio La Unión, S.A.

3.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Identificar las vetas de arena y determinar geográficamente el perímetro del área de influencia sobre el lote con cultivo de caña de azúcar en las fincas bajo administración del Ingenio La Unión.
- B. Cuantificar el porcentaje de área de la veta influenciada sobre el lote, y establecer que fincas son las que tienen mayor porcentaje de área influenciado por vetas de arena.
- C. Elaborar mapas temáticos de la primera aproximación de la clasificación del porcentaje de área influenciada con veta arenosa sobre el lote en fincas bajo administración de Ingenio La Unión.

3.4.3 METODOLOGÍA

3.4.3.1 Cartografía digital de fincas bajo administración (Zafra 14-15)

Para establecer geográficamente el perímetro de las vetas de arena en las fincas bajo administración de Ingenio La Unión, se recopiló información primaria y secundaria para la creación del archivo shapefile ortofotografías digitales (MAGA 2006), imágenes JPGE, imágenes satelitales, mapas de cultivo de caña, bases de datos de GPS, capas de texturas de suelo, etc. Posteriormente con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se foto interpretaron las ortofotografías digitales (MAGA 2006) de las siguientes fincas del Ingenio La Unión.

El cuadro número 22, muestra el listado de fincas bajo administración de Ingenio La unión (Zafra 2014-2016).

Cuadro 22. Fincas bajo administración, Ingenio La Unión (Zafra 2014-2015).

ZONA DE PRODUCCION	NOMBRE DE LA FINCA	CODIGO DE FINCA	AREA (ha)
1	CARRIZAL	10	643.59
	EL TIGRE	13	48.02
	CRISTOBAL II	16	325.35
	LOS TARROS	2	1,199.36
	SANTA RICARDA	26	391.71
	MARGARITAS	4	1,066.96
	EL TIGRE PUERTAS	69	89.26
	BELEN	8	400.21
	CRISTOBAL 1	9	1,059.82
2	GUANIPA	11	511.15
	REFUGIO VIEJO	15	361.48
	BUENOS AIRES	20	94.38
	RIO AZUL	31	1,645.36
	SAN CARLOS II	35	346.39
	LA CONFIANZA	36	541.49
	LA UNION CAJON	39	198.95
	TEHUANTEPEC	5	1,569.14
	REFUGIO NUEVO	60	238.06
	RANCHO MARGARITAS LU	62	183.84
3	MONTE ALEGRE	17	1,603.13
	LA COQUETA	19	139.88
	VIRGINIA	29	291.96
	LAS PALMAS	3	206.02
	SAN CARLOS I	33	227.84
	SAN LUIS	34	1,013.46
	LA ALEGRIA	57	118.15
	MANACALES	58	146.51
	SAN FRANCISCO LU	6	442.65
4	LA PERLA LU	18	67.53
	MANGALES MAPAN UNION	23	118.59
	SOLOLA	25	284.26
	EL IDEAL	30	220.04
	PARCELAS NUEVA CONCEPCION	32	378.34
	PERALTA	38	441.59
	SANTA CLARA LAS ARENAS	40	209.98
	SANTA ELENA MAPAN	51	110.14
	SAN FRANCISCO MAPAN	52	200.17
	LA ESPERANZA	53	242.45
	EL NACIMIENTO	56	167.18
	SAN NICOLAS DE MALAGA	59	319.66
	IRLANDA	64	411.90
	PUYUMATE	65	355.15
	JABALI III	67	562.09
	SAN MIGUEL MAPAN	68	526.29
	EL RECUERDO MAPAN	70	40.00
SAN JOSE BUENA VISTA	71	173.55	
TOTAL			19,933.03

El proceso de localización y creación del shapefile de vetas de arena por finca se realizó por medio de un método indirecto (fotointerpretación) que facilita la ubicación por medio de ortofotografías, de esta manera se localizó cada veta de arena por lote, y finca, este método y las herramientas de dibujo de los SIG permitieron diferenciar en menor tiempo las áreas con vetas de arena sobre las áreas con cobertura vegetal por medio de diferente coloración en las imágenes (ver figura 27).

La figura 27, muestra un ortofotografía (MAGA 2006) de una de las fincas evaluadas para la elaboración de la cartografía de vetas de arena para Ingenio La Unión, esta figura muestra un color rojo intenso en las áreas de vetas de arena, y las áreas de color amarillo o verde, son áreas sin vetas de arena.

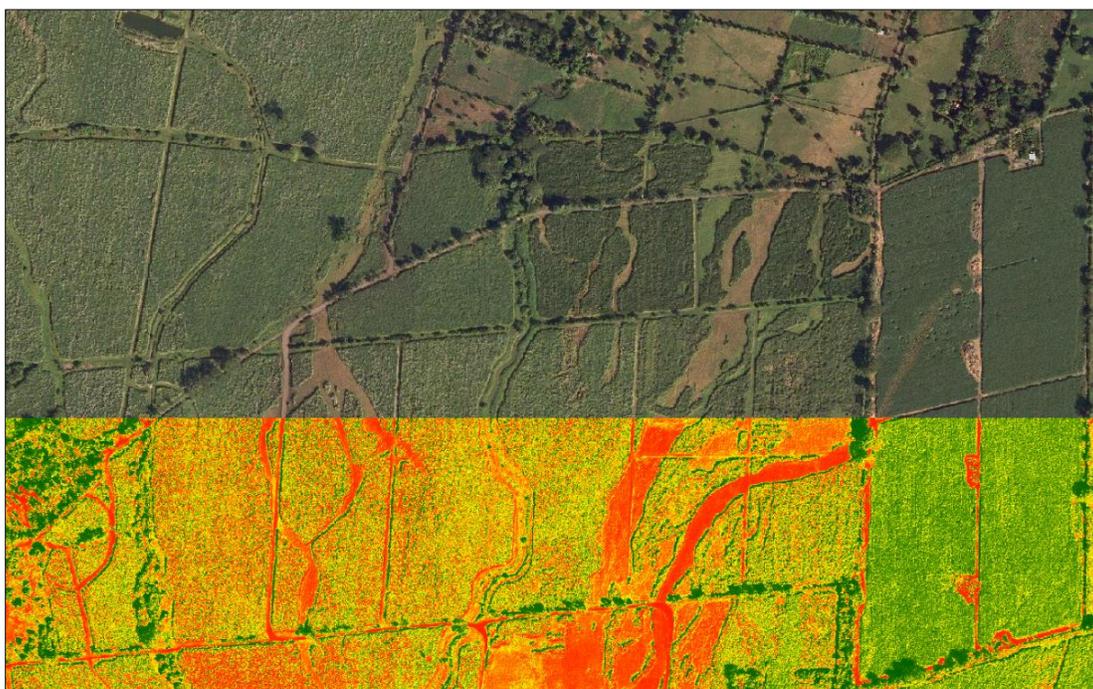


Figura 27. Diferenciación de cobertura vegetal por coloración

Posteriormente, se procedió a trabajar en el Software de ESRI (ArcGis 10.2.2) y su plataforma de dibujo ArcMap, se hizo uso del mosaico oficial de las fincas bajo

administración (Zafra 2014-2015) de Ingenio La Unión, para determinar las zonas de importancia de trabajo, este mosaico cuenta con una unión de 46 fincas, y cada una de ellas contiene un número de lotes con diferentes áreas y formas (polígonos).

Con las herramientas de ArcMap se procedió a añadir el mosaico (Zafra 2014-2015) y las ortofotografías digitales (MAGA 2006), luego se creó un nuevo shapefile llamado, "Vetas de Arena por lote", este contiene un sistema de coordenadas proyectadas (GTM), y una base de datos en el cual se presentan atributos por cada veta (polígono) nueva que se creó sobre el mosaico de fincas por medio de las ortografías (MAGA 2006).

3.4.3.2 Validación de campo

Se creó una capa en 2 puntos de muestreo, y estos fueron establecidos geográficamente en las diferentes tonalidades de color de las ortofotografías digitales (MAGA 2006) de la finca Monte Alegre (finca piloto). Estos puntos se localizaron en campo en el lote 4.020, estos fueron ubicados con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) marca TRIMBLE serie Geo Explorer 2008, posteriormente se tomaron muestras de suelo en cada punto y se determinó su textura al tacto.

3.4.3.3 Edición del Shapefile Vetas de Arena por lote

Con la validación de campo y los dos tipos de textura en las diferentes tonalidades de colores de las ortofotografías digitales (MAGA 2006) se procedió a editar la capa de vetas de arena por Lote, se utilizaron las herramientas de edición de ArcMap y se dibujó el perímetro de cada veta de área por lote según diferente tonalidad de color y estructura.

A. Se elaboraron los siguientes atributos a cada veta de arena:

- a) Zona de administración
- b) Nombre de la finca
- c) Código de lote
- d) Área oficial de la finca (Zafra 2014-2015)
- e) Área oficial del lote (Zafra 2014-2015)
- f) Área de veta arenosa
- g) % de área de veta arenosa sobre el lote
- h) % de área de veta arenosa por finca
- i) Clasificación por porcentaje de área de influencia sobre el lote
- j) Estrato altitudinal de la veta de arena
- k) Estrato horizontal de la veta de arena
- l) X GTM: Veta arenosa
- m) Y GTM: Veta arenosa

Con las herramientas de análisis de AcrMap se sobrepuso la capa que contiene los lotes de las fincas trabajadas con la capa que contiene las vetas de arena, con esta nueva capa se determinó el área por lote, sector y finca.

3.4.3.4 Clasificación de las vetas de arena

Se procedió a calcular el porcentaje de área de influencia de las vetas de arena por lote, posteriormente se estableció una categoría de tres rangos (ver figura 28) que las separa por diferentes porcentajes de áreas.

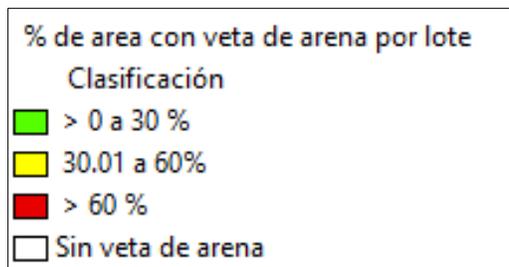


Figura 28. Clasificación de las áreas de acuerdo al porcentaje de área de vetas de arena sobre el lote.

3.4.3.5 Edición de mapas

Para editar los mapas de la primera aproximación de la clasificación del porcentaje de área influenciada con vetas de arena sobre el lote, fue utilizada la capa creada de vetas de arena por lote y finca, se separaron las fincas con vetas de arena del mosaico general.

3.4.4 EVALUACIÓN Y CONSTANCIAS

3.4.4.1 Cartografía de fincas con vetas de arena

Para la elaboración de la primera aproximación de los mapas de clasificación del porcentaje de área influenciada con vetas de arena sobre el lote, se utilizó un total de 99 ortofotografías digitales (MAGA 2006) que cubrieron el área total del mosaico oficial del Ingenio La Unión (Zafra 2014-2015).

En el cuadro 23, se observan las 29 fincas que se identificaron con vetas de arena de las 46 de Ingenio La Unión y representa un total de 1,132.91 ha, un 6% del área total de cultivo de caña de azúcar oficial para la zafra 2014-2015.

Cuadro 23. Áreas y porcentajes de vetas de arena en fincas bajo administración de Ingenio La Unión, zafra 2014-2015.

ZONA DE PRODUCCION	FINCA DE ESTUDIO	AREA DE LA FINCA (Ha)	AREA CON VETA DE ARENA (Ha)	AREA SIN VETA DE ARENA (Ha)	% DE AREA DE FINCA, INFLUENCIADA POR VETAS DE ARENA
1	CRISTOBAL I y II	1,385.17	20.71	1,364.46	1%
1	MARGARITAS	1,066.96	41.39	1,025.57	4%
1	SANTA RICARDA	391.71	21.04	370.67	5%
2	GUANIPA	511.15	100.88	410.27	20%
2	SAN CARLOS II	346.39	12.25	334.14	4%
2	LA CONFIANZA	541.49	144.84	396.65	27%
2	RANCHO LA MARGARITA	183.84	33.74	150.10	18%
2	RIO AZUL	1,645.36	26.10	1,619.26	2%
2	TEHUANTEPEC	1,569.14	163.64	1,405.50	10%
2	UNION CAJON	198.95	9.74	189.21	5%
3	LA ALEGRIA	118.15	25.94	92.21	22%
3	LA COQUETA	139.88	6.39	133.49	5%
3	LAS PALMAS	206.02	8.15	197.87	4%
3	MANACALES	146.51	9.22	137.29	6%
3	MONTE ALEGRE	1,603.13	175.59	1,427.54	11%
3	SAN CARLOS I	227.84	16.35	211.49	7%
3	SAN FRANCISCO	442.65	73.43	369.22	17%
3	SAN LUIS	1,013.46	64.48	948.98	6%
3	VIRGINIA	291.96	17.77	274.19	6%
4	EL IDEAL	220.04	41.51	178.53	19%
4	NACIMIENTO	167.18	2.20	164.98	1%
4	NUEVA IRLANDA	411.90	14.63	397.27	4%
4	PARCELAS NUEVA CONCEPCION	378.34	7.81	370.53	2%
4	PERALTA	441.59	0.92	440.67	0.2%
4	PUYUMATE	355.15	11.78	343.37	3%
4	SAN FRANCISCO MAPAN	200.17	0.68	199.49	0.3%
4	SAN NICOLAS MALAGA	319.66	48.43	271.23	15%
4	SANTA CLARA LAS ARENAS	209.98	17.93	192.05	9%
4	SOLOLA	284.26	15.37	268.89	5%
TOTALES		15,018.03	1,132.91	13,885.12	8%

3.4.4.2 Validación de texturas de suelo

En la figura 29, se muestran los puntos de muestreo que fueron ubicados en dos diferentes tonalidades de las ortografías (MAGA 2006), un punto en el color rojo determinado como veta de arena y uno en el color verde, determinado como suelo

sin veta de arena, se trabajó con estas tonalidad en las fotos, debido a que ayuda a identificar zonas con estrés de cultivo.

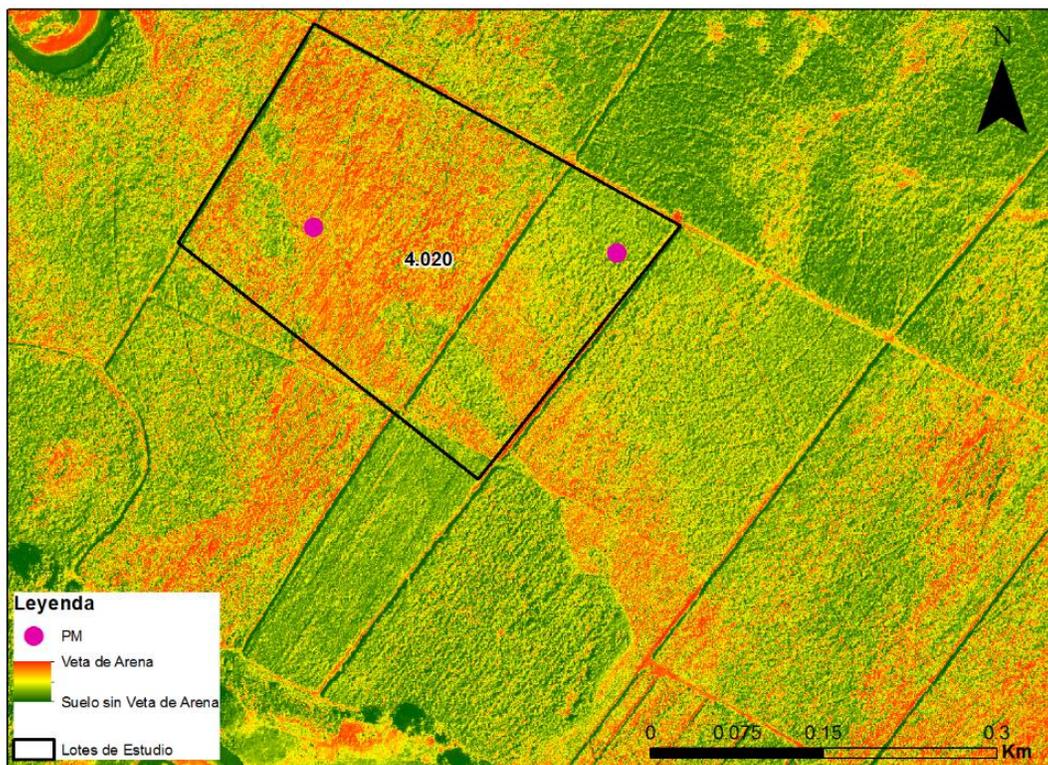


Figura 29. Ubicación de puntos de control de textura de suelos

En la figura 30, se muestra la elaboración de una calicata por cada punto de muestreo que se ubicó a través de la ortofotografía (ver figura 29) en el lote 4.020 de la finca Monte Alegre, las calicatas se elaboraron con las siguientes dimensiones: 2 m de longitud con dirección al Norte, 1 m de ancho y 1 m de profundidad, seguidamente se evaluó la textura de cada punto de muestreo en el laboratorio de suelos de CENGICAÑA (cuadros 56A y 57A), estas calicatas se elaboraron con el objetivo de rectificar las dos diferentes tonalidades de color de las ortografías, y validar que el color rojo es veta de arena y el área de color verde de la ortofotografía no era veta de arena.

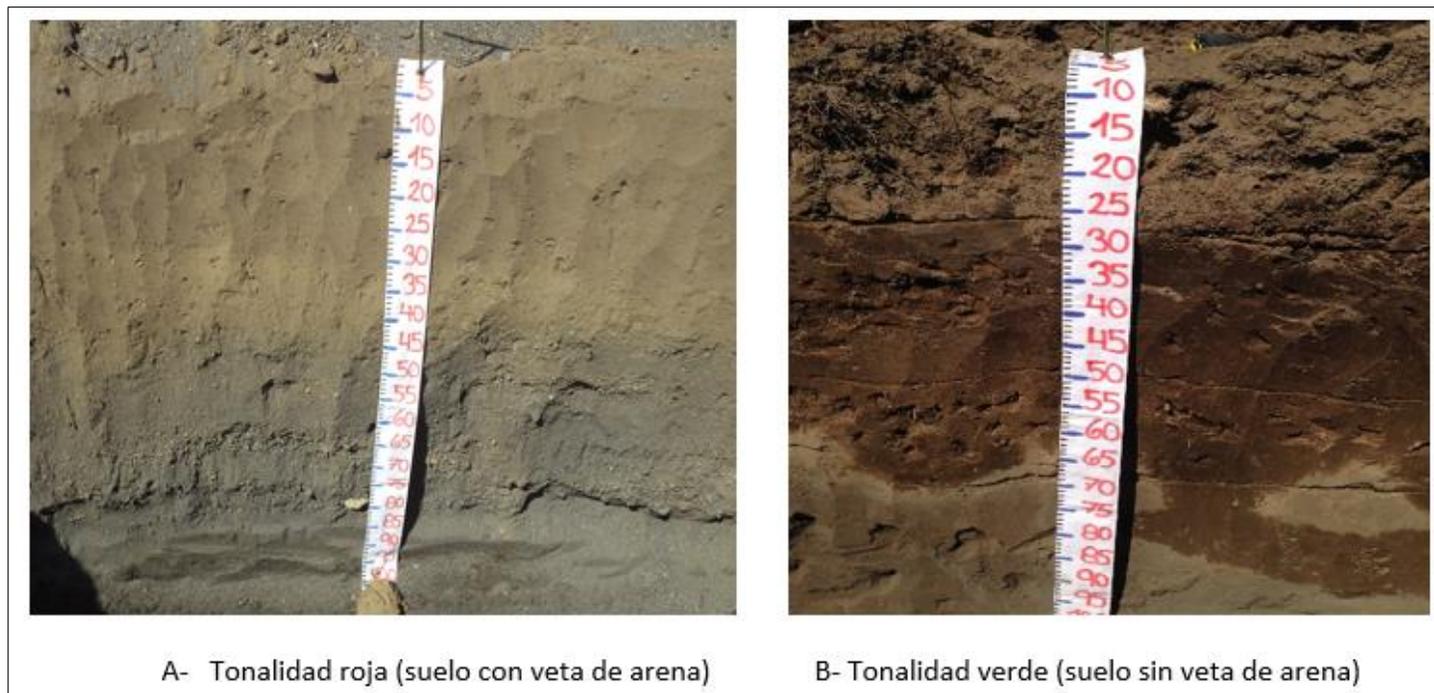


Figura 30. Puntos de muestreo en diferentes tonalidades de la ortofotografía evaluada en el lote 4.020 de finca Monte Alegre

3.4.4.3 Digitalización de las vetas de arena por lote

Para establecer geográficamente el perímetro de las vetas de arena que tienen un área de influencia sobre los lotes de las fincas, Zafra 14-15, se creó una capa llamada “Vetas de arena por lote” (ver figura 31) posteriormente a la validación de la fotointerpretación con calicatas en campo, se editaron 968 vetas de arena (polígonos) que suman un área de 1,132.91 ha, y se agregó a cada veta de arena los siguientes atributos: lote, nombre de la finca, área, estrato altitudinal, estrato horizontal.

Posteriormente se usó la herramienta “UNION” de ArcMap y se unió la capa de “Vetas de arena por lote” al mosaico oficial de fincas bajo administración de Ingenio La Unión (Zafra 14-15), logrando tener una capa llamada “Vetas de arena Finca-lote” (ver figura 31) con los siguientes atributos:

- A. Zona de administración
- B. Nombre de la finca
- C. Código de lote
- D. Área oficial de la finca (zafra 2014-2015)
- E. Área oficial del lote (zafra 2014-2015)
- F. Área de veta arenosa
- G. % de área de veta arenosa sobre el lote
- H. % de área de veta arenosa por finca
- I. Clasificación por porcentaje de área de influencia sobre el lote
- J. Estrato altitudinal de la veta de arena (zona cañera)
- K. Estrato horizontal de la veta de arena (zona cañera)
- L. X GTM: Veta arenosa
- M. Y GTM: Veta arenosa

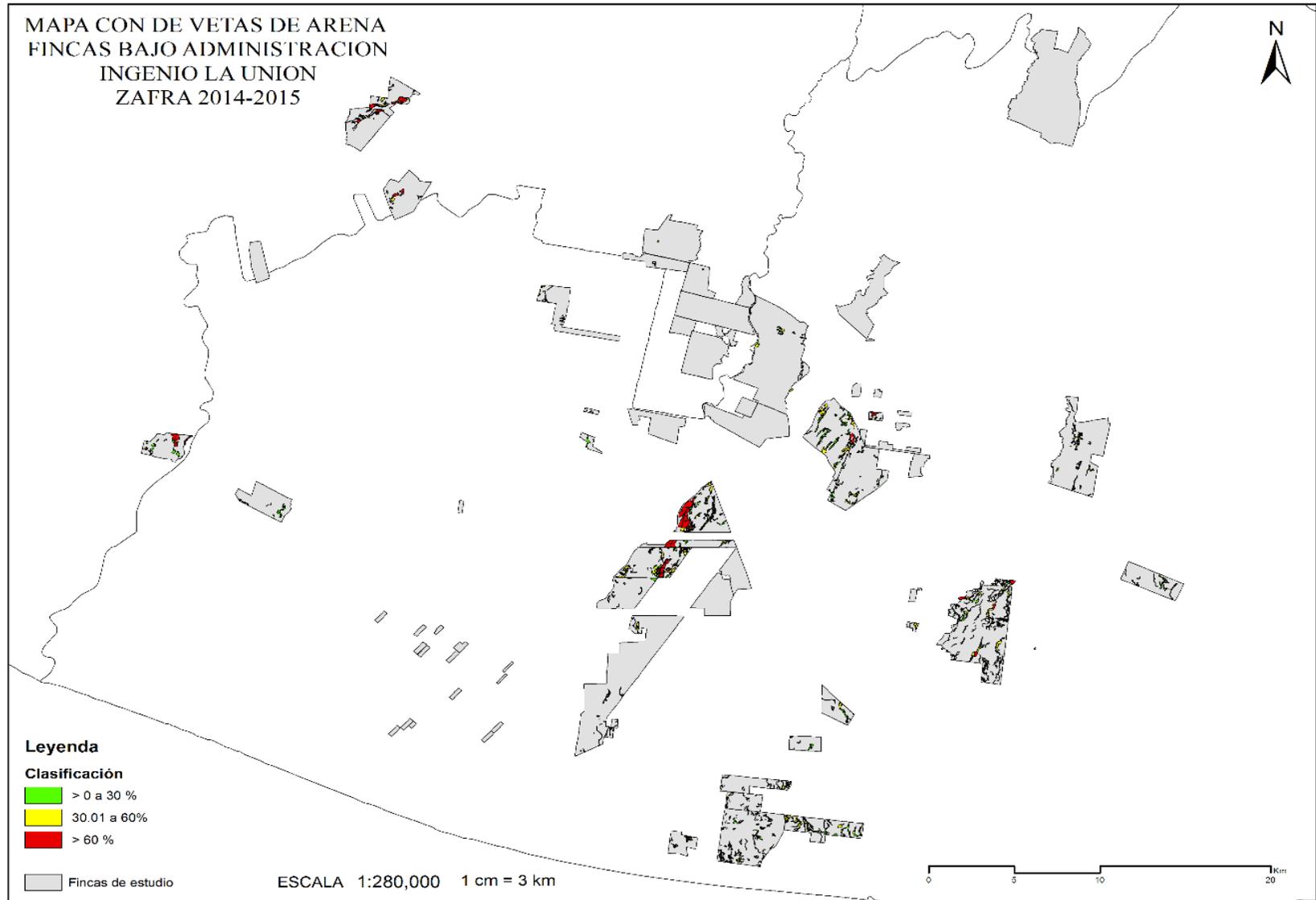


Figura 31. Mapa con fincas influenciadas por vetas de arena

3.4.4.4 Cuantificación de área de vetas de arena influenciada por lote.

La cuantificación de área de cada veta de arena y porcentajes que ocupa, se realizó en la base de datos de la capa “Vetas de Arena Finca-Lote”, los cálculos se realizaron con la ayuda de la herramienta de ArcMap “Calculadora de Campo” la cual permite realizar cálculos de áreas y porcentajes (ver figura 53).

El porcentaje de área influenciada por veta de arena sobre el lote se determinó con la ecuación 1.

$$\% AI = \frac{AV}{AL} * 100$$

Donde.

AI = Área influenciada por veta de arena sobre el lote

AV= Área de veta arenosa

AL= Área del lote

En el cuadro 51, se muestran los rangos de la clasificación del porcentaje de vetas de arena por lote.

Cuadro 24. Clasificación del porcentaje de área influenciada por veta arenosa sobre el lote

Color	Clasificación %
Verde	>0 a 30
Amarillo	30.01 a 60
Rojo	>60

En la figura 32, se muestra la herramienta que permitió calcular los valores en porcentaje desde la plataforma de dibujo de ArcMap.

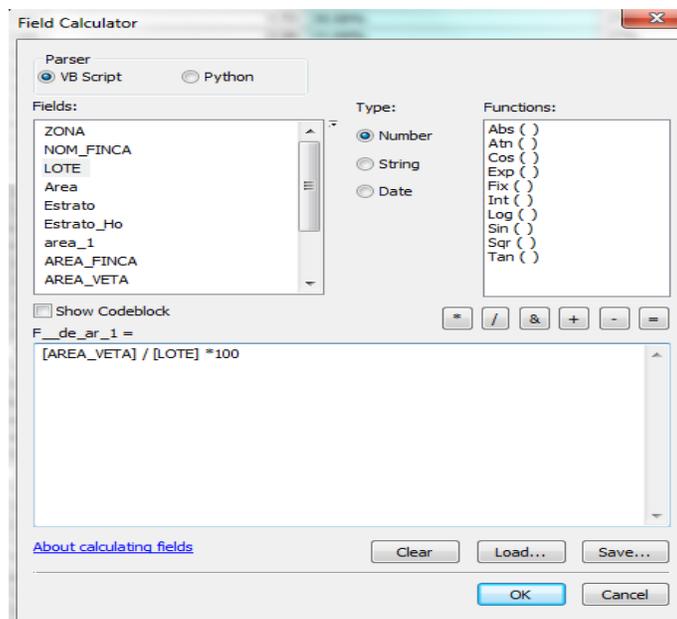


Figura 32. Calculadora de campo de ArcMap

En el cuadro 25, se presenta un resumen del área total de estudio influenciada por vetas de arena y el porcentaje de área influenciado por vetas de arena para el área oficial de Zafra 2014- 2015.

Cuadro 25. Resumen de áreas influenciadas por vetas de arena

TOTAL DE AREAS DE ESTUDIO	ha	%	TOTAL DE AREAS OFICIALES (Zafra 14-15)	ha	%
AREA CON VETAS DE ARENA	1,132.91	8%	AREA CON VETAS DE ARENA	1,132.91	6%
AREA SIN VETAS DE ARENA	13,885.12	92%	AREA SIN VETAS DE ARENA	18,800.12	94%
AREA DE ESTUDIO	15,018.03	100%	AREA INGENIO LA UNION (ZAFRA 14-15)	19,933.03	100%

3.4.4.5 Porcentaje de área influenciada por vetas de arena por finca

Las fincas con mayor porcentaje de área influenciada por vetas de arena son: La Confianza (27%), La Alegría (22%), Guanipa (20%), El Ideal (19%), Rancho La Margarita (18%), San Nicolás de Málaga (15%), Monte Alegre (11%), Tehuantepec (10%), esto debido a que se encuentran ríos cercanos a los linderos de las fincas, que en su momento se han desbordado y han depositado materiales arenosos en el suelo que con el tiempo han pasado a formar parte del perfil del suelo.

En la figura 33, se puede observar el porcentaje de área que ocupan las vetas de arena por cada zona estudiada.

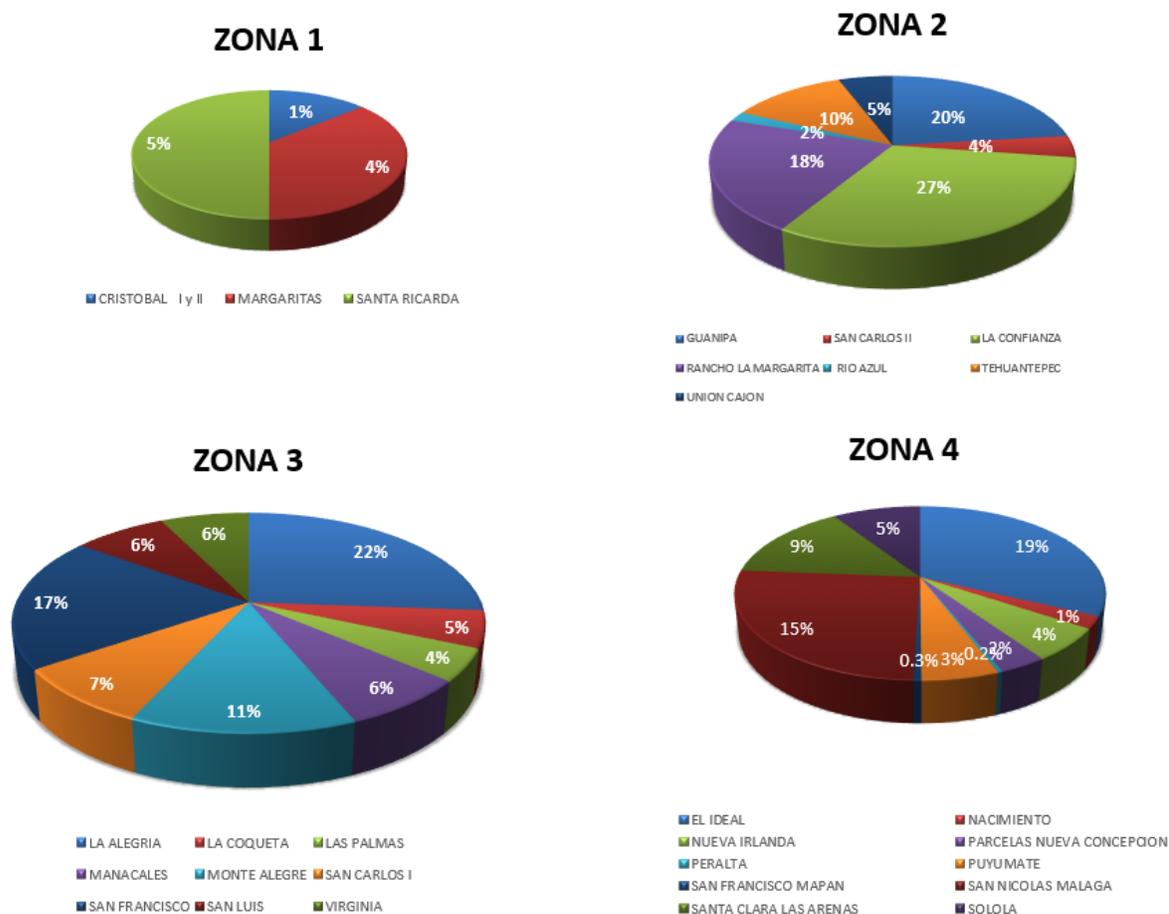


Figura 33. Fincas con áreas influenciadas por vetas de arena

3.4.4.6 Porcentaje de área influenciada por vetas de arena por zona de producción

Las zonas con mayor porcentaje de área influenciado por vetas de arenosa son: zona tres y dos, estas dos zonas están dentro del estrato altitudinal bajo y litoral (CENGICAÑA 2008).

En la figura 34, se observan los resultados de áreas influenciadas por vetas de arena por zona de producción.

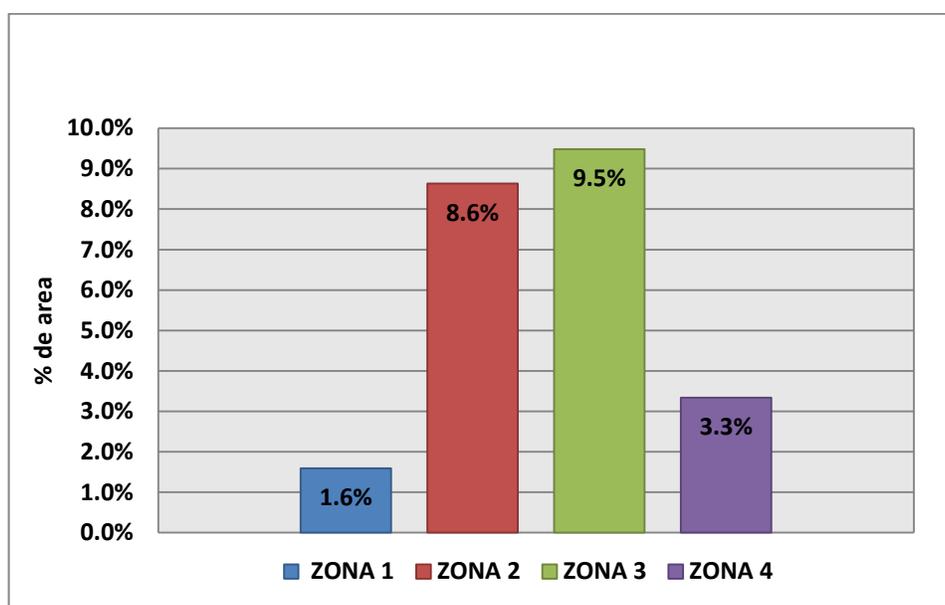


Figura 34. Porcentaje de área influenciada con veta de arena por zona

3.4.4.7 Porcentaje de área influenciada con vetas de arena por el área total del Ingenio La Unión (zafra 14-15)

En la figura 35, se muestra un área total de 1,132.91 ha influenciado por vetas de arena, esto representa un 6% del área total de cultivo de caña de azúcar para la Zafra 2014-2015.

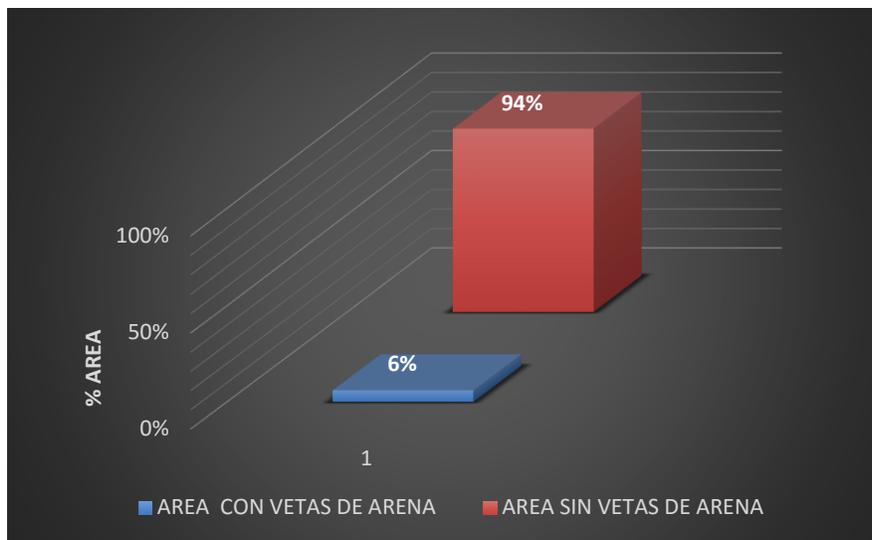


Figura 35. Porcentaje de área influencia con veta de arena sobre el área total de Ingenio La Unión, (Zafra 2014-2015)

3.4.4.8 Edición de mapas temáticos de fincas con vetas de arena

Por medio de la fotointerpretación digital de las ortofotografías MAGA 2006, se crearon 29 mapas temáticos en la primera aproximación de la clasificación del porcentaje de área influenciada con veta de arena sobre el lote en fincas bajo administración de Ingenio La Unión, (Zafra 2014-2015).

La identificación de las vetas de arena se realizó por medio de una fotointerpretación haciendo uso de los SIG y las ortofotografías (MAGA 2006), y se determinó el perímetro de cada veta por lote, utilizando las herramientas de dibujo de ArcMap (ESRI), se digitalizaron 970 vetas (polígonos) dentro de las fincas bajo administración de Ingenio La Unión.

La determinación del porcentaje de área que abarca cada veta por lote, se calculó posteriormente al tener la capa digitalizada de vetas de arena, con la ayuda de las herramientas de ArcMap y luego se clasificaron las vetas con una escala porcentual.

3.4.5 Monitoreo del Rendimiento Potencial Kg/Tm (Core Sampler) mensual durante la Zafra 2014-2015.

3.4.5.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La caña de azúcar es un cultivo importante en muchos países incluyendo Guatemala.

La producción del cultivo de la caña de azúcar, cada año es afectado por distintas variables que generan impacto en el rendimiento, como; lluvia, radiación solar, plagas, variedad, riego, aplicación de madurante, etc. Cada una de ellas afecta directamente al cultivo en su período de crecimiento y cosecha, generando un rendimiento heterogéneo en un mismo sector o unidad de manejo agrícola.

Ingenio La Unión, trabaja con grandes extensiones de área, por lo tanto se dificulta identificar los lotes de bajo rendimiento con una forma estática y/o convencional y medir las posibles variables que están afectando mayormente al rendimiento del cultivo en un período de tiempo.

Por lo tanto es indispensable el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para generar una metodología de monitoreo a gran escala, que permita identificar los lotes de bajo, medio y alto rendimiento y que sea ejecutable en períodos de tiempo, de esta manera se podrá identificar el rendimiento y medir algunas variables de producción que están afectando directa o indirectamente el rendimiento del cultivo en el lote y finca.

3.4.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Establecer una metodología para monitorear el rendimiento potencial (Kg/Tm) de los lotes cerrados del ingenio la unión, Zafra 2014-2015.

- B. Generar mapas electrónicos georreferenciados por mes para la Zafra 2014-2015, en los cuales se puedan identificar lotes de bajo rendimiento potencial (Kg/Tm) a través de rangos de producción.

- C. Importar a los mapas electrónicos una base de datos de las posibles variables que causan el bajo rendimiento, para que los usuarios puedan analizar las causas del bajo rendimiento potencial (Kg/Tm).

3.4.7 METODOLOGÍA

El uso de los SIG facilita la ubicación en el espacio de sectores y variables de medición cuando se trabaja a gran escala. Un área de trabajo que sobre pasa las 10,000 hectáreas es muy difícil de administrar si no se cuenta con una vista aérea o un sistema que permita monitorear en el espacio cada actividad agrícola que se desarrolle en el campo, por lo tanto los SIG permiten coleccionar, administrar, analizar y plasmar información georreferenciada en forma cartográfica, y esta permite identificar variables que están afectando el bajo rendimiento del cultivo y posteriormente permite tomar decisiones a corto y largo plazo.

Por lo tanto, se estableció monitorear el rendimiento potencial (Kg/Tm) utilizando los SIG por medio de una cartografía digital con vista en Google Earth, para que los distintos usuarios puedan visualizar el rendimiento de forma gráfica y práctica.

3.4.7.1 Cartografía digital para monitoreo del rendimiento potencial (Kg/Tm)

La cartografía digital es una herramienta que los SIG brindan a diferentes usuarios, y nos permite visualizar, cuestionar, analizar e interpretar los datos georreferenciados para entender las relaciones, patrones y tendencias en un determinado espacio y tiempo.

Los SIG benefician a la agricultura de precisión con sus mapeos, mediciones, análisis de datos e interpretaciones, y toma de decisiones.

Por lo tanto, se estableció que para monitorear el rendimiento potencial (Kg/Tm) de los lotes de producción se utilizarán los SIG con el Software de análisis de datos de ESRI y la plataforma de escritorio ArcGis, versión 10.2.2.

3.4.7.2 Base de datos

Se creó una base de datos que permitió agrupar las posibles varias variables que afectan el bajo rendimiento potencial (Kg/Tm) por finca y lote.

Cuadro 26. Base de datos de monitoreo de rendimiento potencial (Kg/Tm) por lote de producción.

Código de Registro	IDGIS
Información de la finca	Zona
	Código Finca
	Nombre Finca
	Código Lote
Área de la finca	Área
Tipo de Variedad	Variedad
Toneladas cortas	Toneladas Programada
	Toneladas Intencional
	Toneladas Total
Toneladas métricas	Toneladas Métricas Programada
	Toneladas Métricas fuera de programa
	Toneladas Métricas Total
Rendimiento potencial (Core Sampler)	Rendimiento Potencial (Lbs/Ton)
	Rendimiento Potencial (Kg/Tm)
	Rango Rendimiento
Plagas	Barrenador
	Perdida Kg/TM
	Rango Barrenador
	Rata
	Rango Rata
	Daño Foliar
Madurante	Producto
	Dosis Aplicada
	DMC Programada
	DMC Intencional
Período	Fecha Inicio Periodo
	Fecha Fin Periodo

3.4.8 EVALUACIÓN Y CONSTANCIAS

3.4.8.1 Metodología para el monitoreo del rendimiento potencial (Kg/Tm)

A. Pasos para crear mapas electrónicos del rendimiento potencial (Kg/Tm) en el Software ArcGis 10.2.2.

- a) Iniciar la plataforma de dibujo ArMap de ArcGis, (ver figura 46A).
- b) Con la herramienta de Add Data importar el mosaico (archivo Shapefile) de fincas bajo administración de Ingenio La Unión Zafra 2014-2015, (ver figura 47A).
- c) Hacer una unión entre la base de datos de rendimiento potencial y el archivo Shapefile (Shp) de las fincas de Ingenio La Unión con la herramienta JOIN, (ver figura 48A).
- d) Seleccionar el patrón FincaLote del archivo Shp y buscar el la base de datos el mismo patrón para hacer la unión entre el archivo Shp y la base de datos de rendimiento potencial, (ver figura 49A).
- e) Exportar los datos para crear un nuevo archivo Shp, en el cual se graficaran los datos de rendimiento potencial, (ver figura 51A).
- f) Abrir el cuadro de dialogo de propiedades del Shp nuevo (rendimiento por mes) y seleccionar categorías para poder graficar los rangos de rendimientos < 128, 128.01-139.99 y >140, (ver figura 52A).
- g) Posteriormente se obtendrá un mapa electrónico en formato Shp mostrando los rendimientos potenciales (Kg/Tm) en tres rangos, estos lotes (polígonos en el mapa) cuentan con cierta información que permitirá analizar el bajo, medio o alto rendimiento de producción, (ver figura 53A).
- h) Hacer uso de las siguientes herramientas: ArcToolbox > Conversión Tools > To KML > Layer To KML, para exportar el

mapa electrónico a formato KMZ para poder visualizarlo en el sitio web de Google Earth, (ver figura 54A).

- i) Posteriormente tendremos el archivo final con extensión KMZ para poder monitorear el rendimiento potencial (Kg/Tm) en una plataforma en línea (gratis) de Google Earth, este archivo permite la facilidad de ser usado por cualquier usuario y analizar el rendimiento potencial, (ver figura 55A).

En el cuadro 27, se presentan los detalles de la clasificación que se estableció para el rendimiento potencial (Kg/Tm)

Cuadro 27. Clasificación del rendimiento potencial (Kg/Tm).

Rendimiento potencial (Kg/Tm)	Color	Clasificación
< 128	Rojo	Bajo
128.01 - 139	Amarillo	medio
140 en adelante	verde	alto

El monitoreo del rendimiento potencial (Kg/Tm) se generó con el uso de los SIG, estos mapas poseen una bases de datos interna que permite analizar las variables que posiblemente afectan la producción, estas variables fueron extraídas del sitio web “Reportes BIOSALC”.

Utilizando las herramientas de la plataforma de dibujo de ArcMap y el mapa electrónico de fincas bajo administración de Ingenio La Unión (Zafra 2014-2015), se procedió a generar 6 mapas electrónicos con extensión Shapefile (ESRI) que contienen una base de datos de producción (Zafra 2014-2015) mensual y variables que posiblemente afectaron el rendimiento potencial (Kg/Tm).

Posteriormente con la herramienta de conversión de ArcMap se elaboraron 6 mapas electrónicos con extensión KMZ, que pueden ser visualizados en el sitio web de Google Earth.

De esta manera se crearon los mapas mensuales que permitieron monitorear el rendimiento potencial (Kg/Tm) de azúcar para la Zafra 2014-2015, teniendo datos cosechados y georreferenciados por lote en un mapa electrónico y dinámico que contiene información de cada variable estudiada.

En la figura 36, se observa la base de datos que contienen internamente los mapas electrónicos, en la cual se puede obtener información de posibles variables que afectan el bajo rendimiento potencial (Kg/Tm).

En las figuras 37, 38, 39, 40, 41 y 42, se pueden observar los mapas elaborados para el monitoreo mensual del rendimiento potencial (Kg/Tm) para la Zafra 2014-2015.

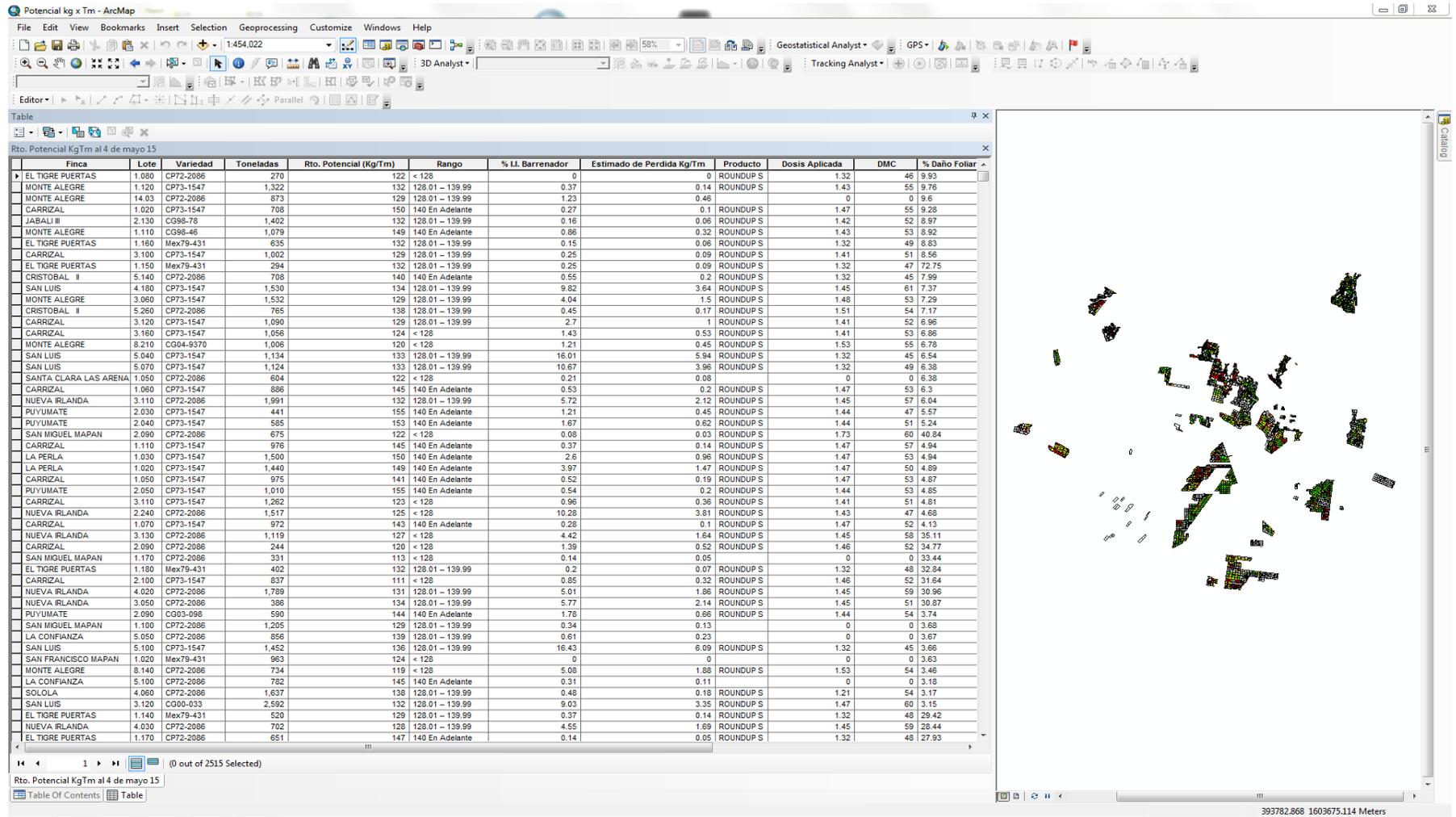


Figura 36. Base de datos de posibles variables que afectan el rendimiento potencial (Kg/Tm).

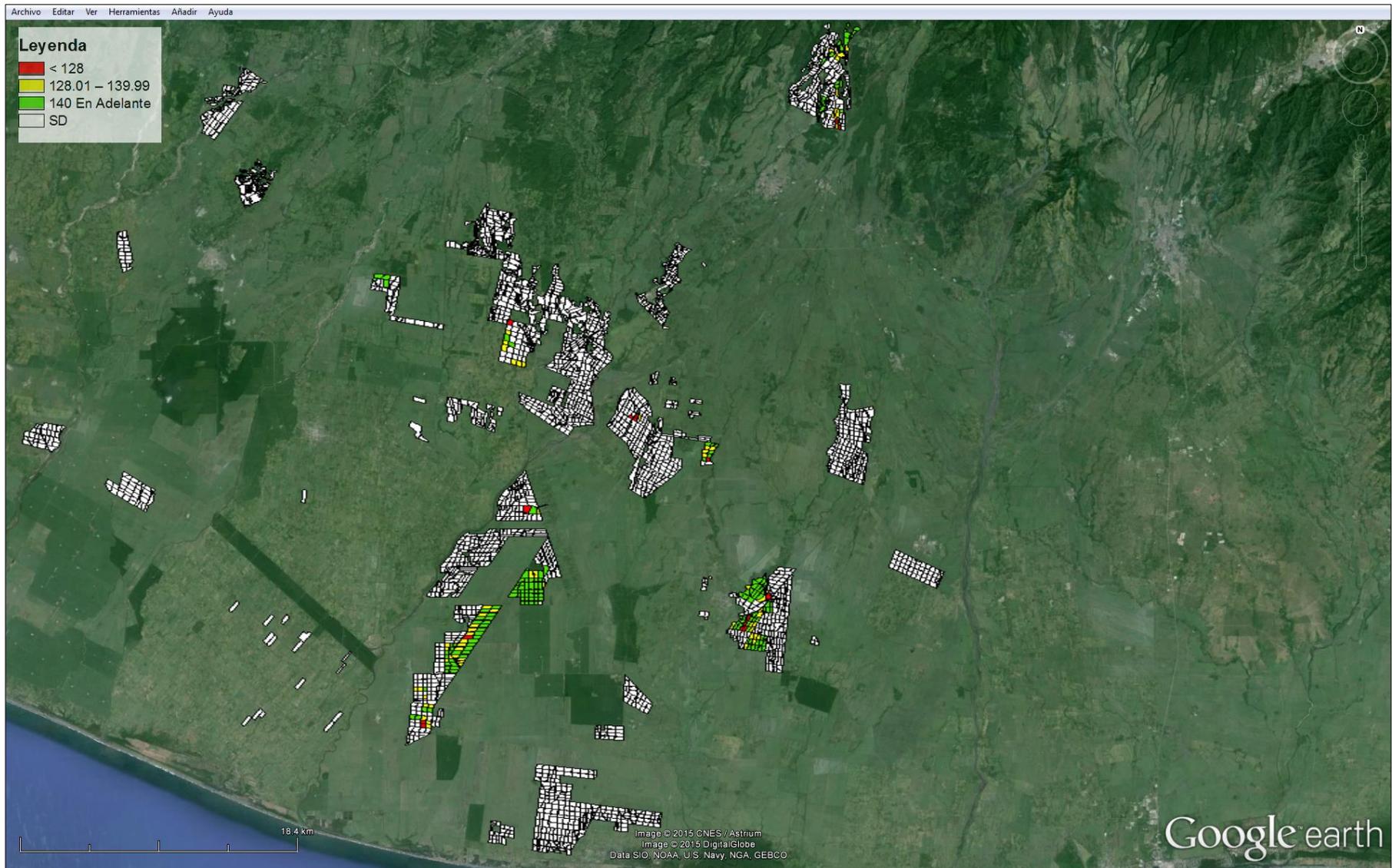


Figura 37. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de noviembre 2014

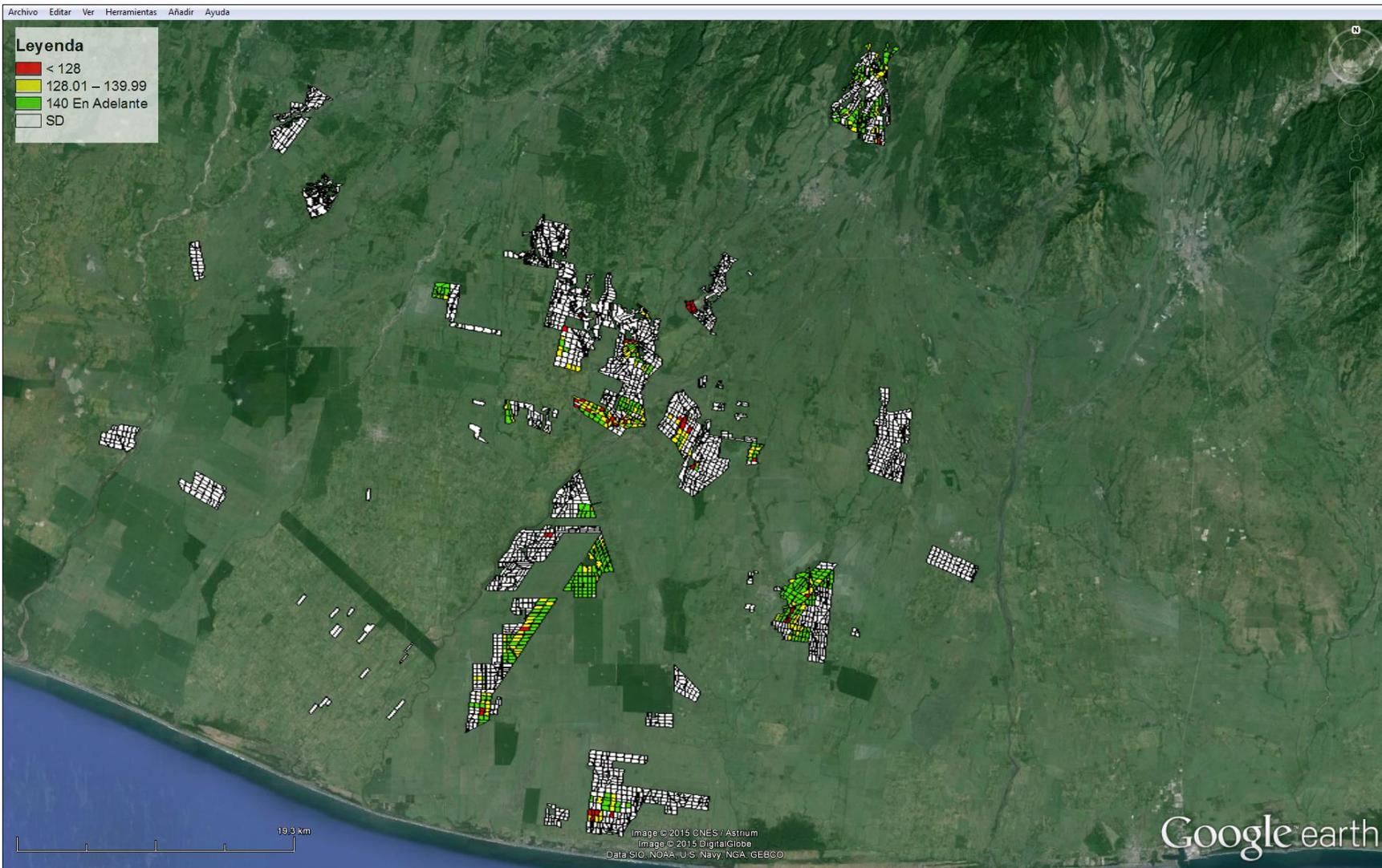


Figura 38. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de diciembre 2014

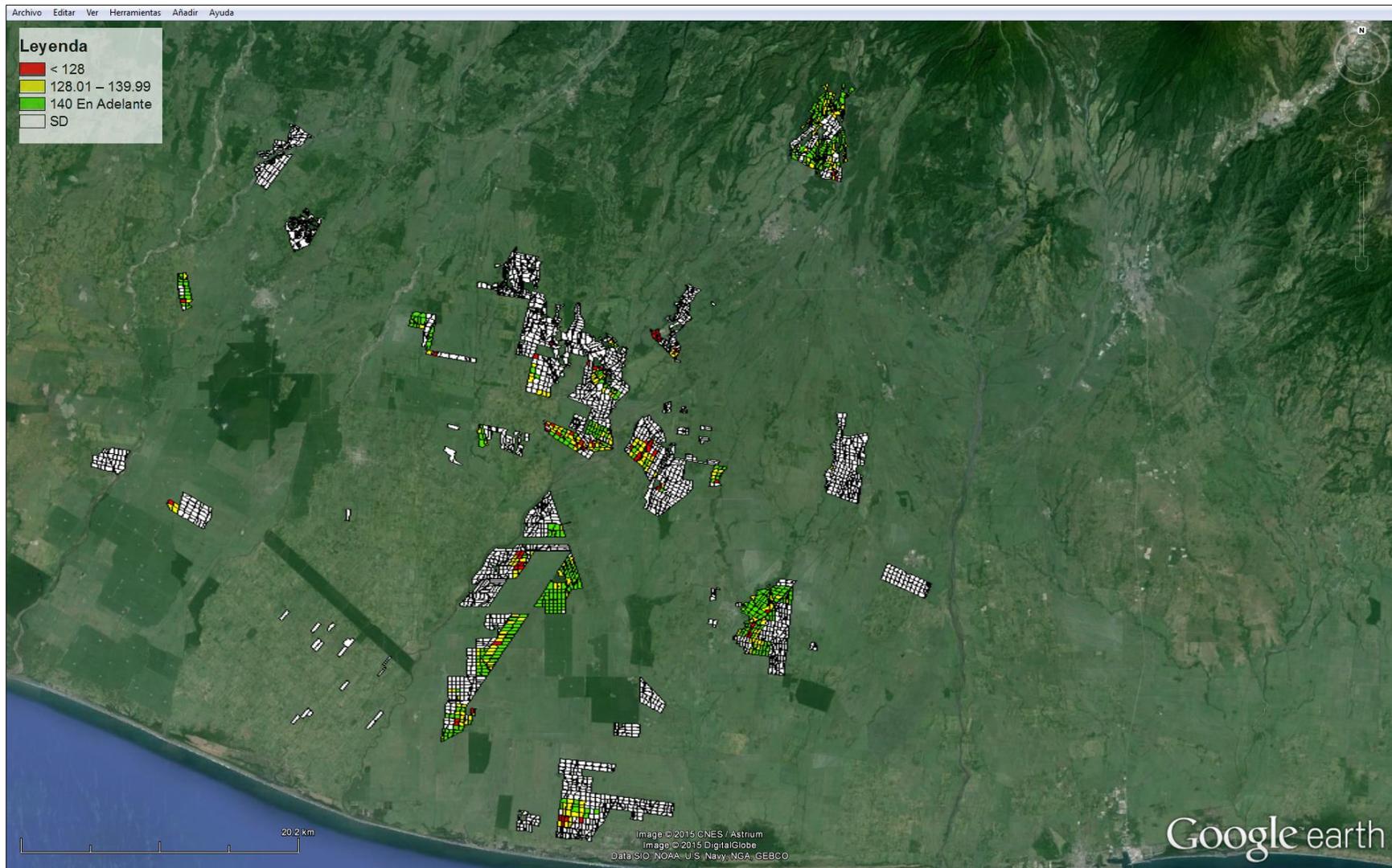


Figura 39. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de enero 2015

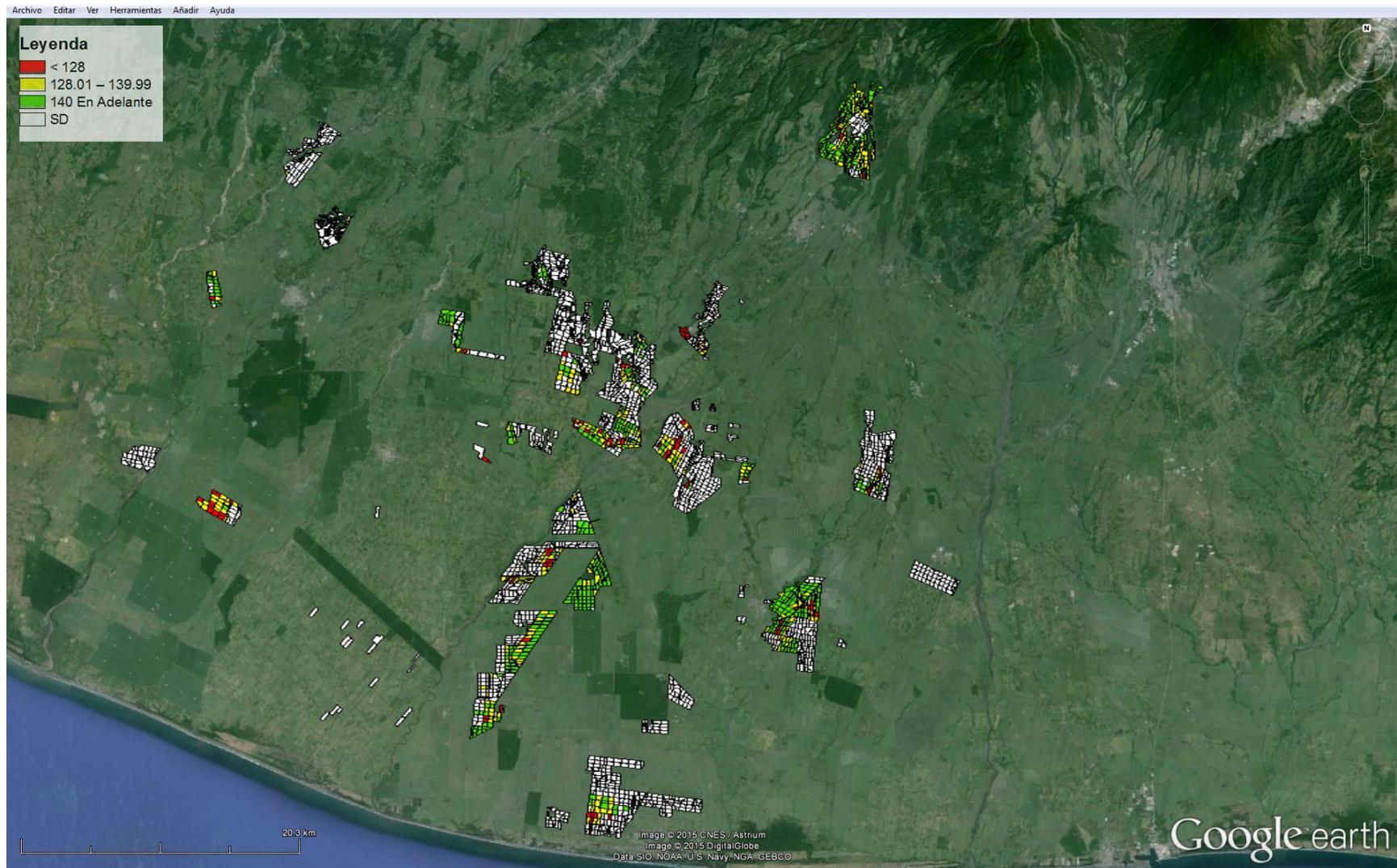


Figura 40. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de febrero 2015

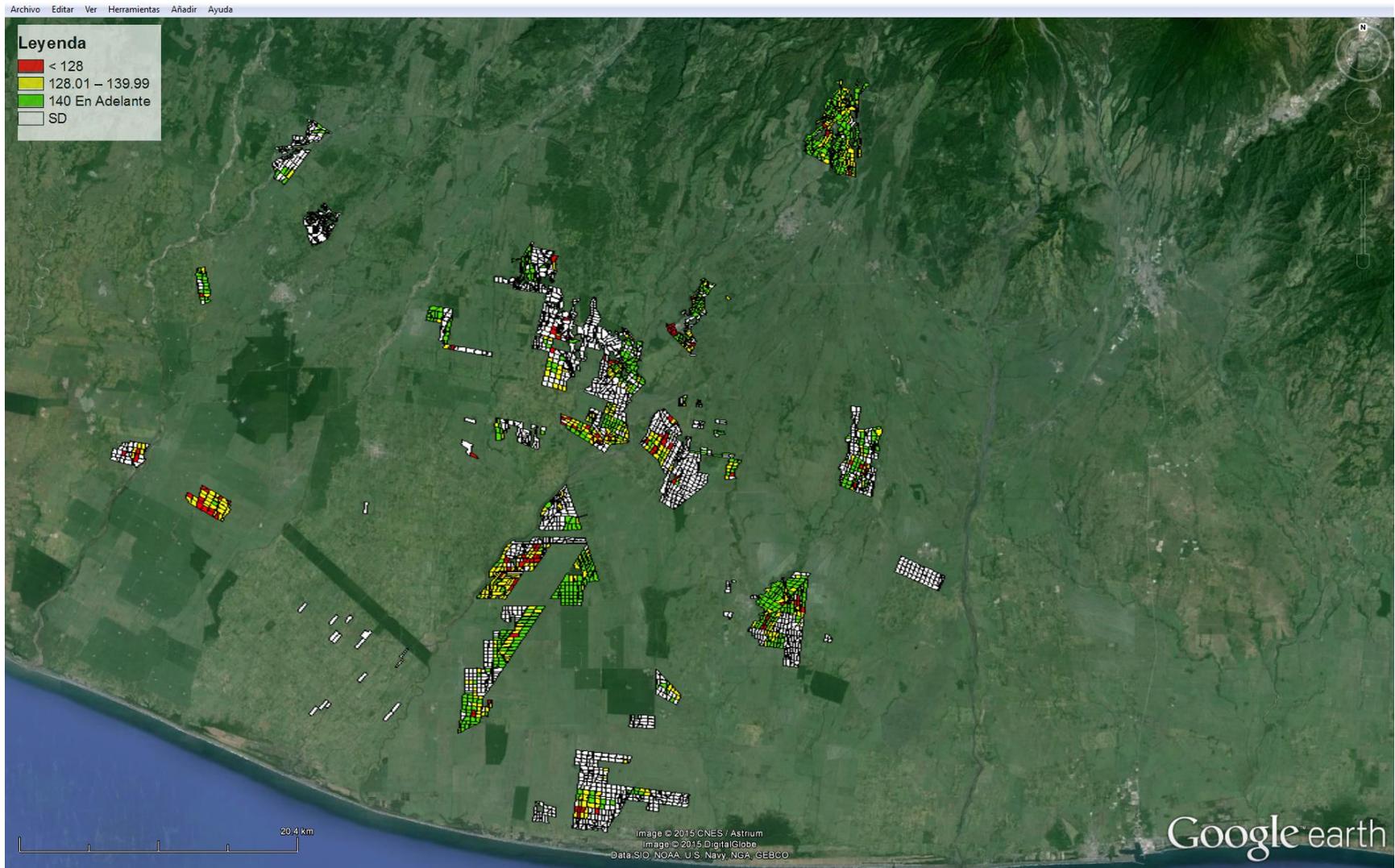


Figura 41. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de marzo 2015

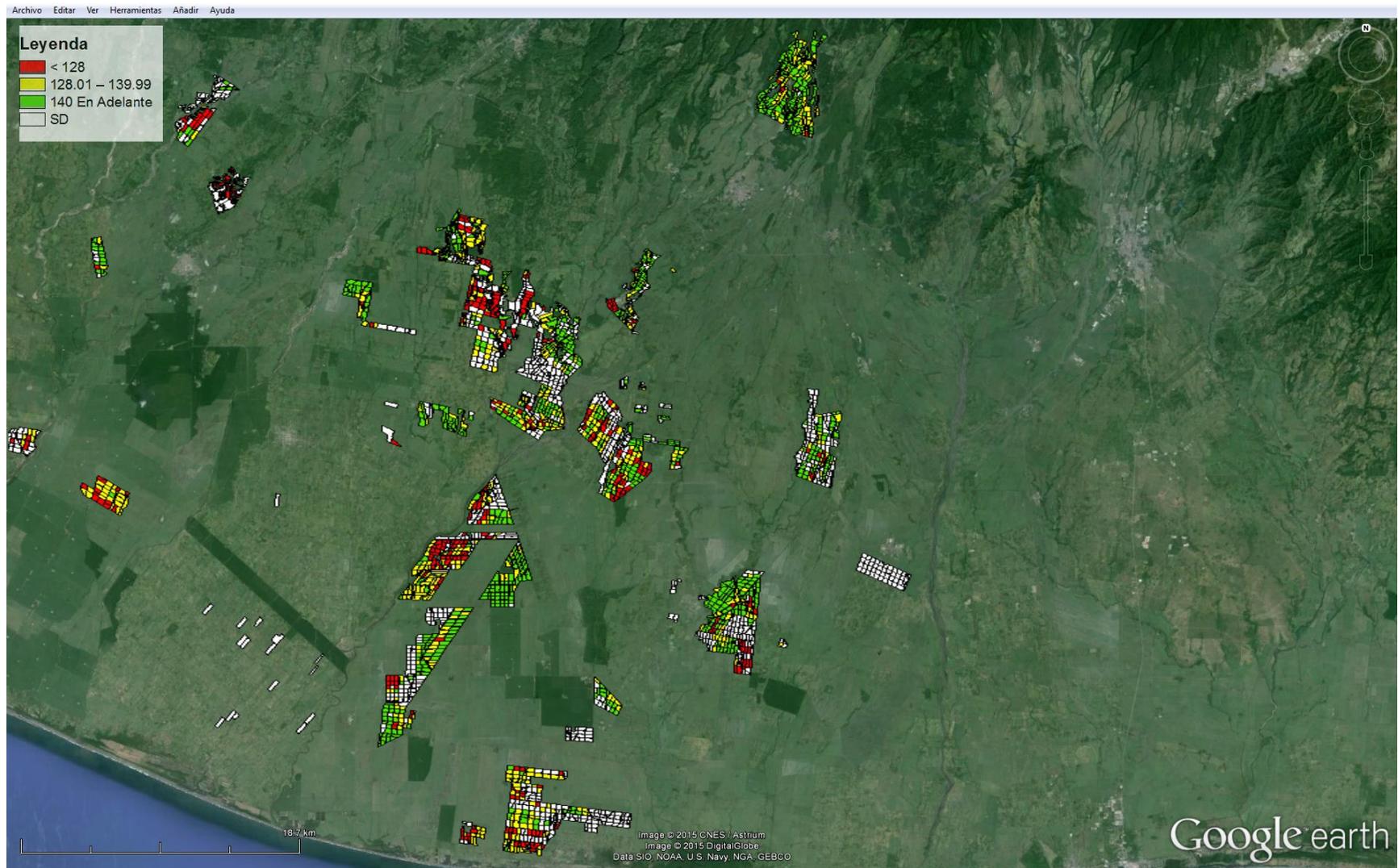


Figura 42. Rendimiento potencial (Kg/Tm) al mes de abril 2015

3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, R; Pereira, L; Raes, D; Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia, FAO. 322 p.
2. Arcila, J; Villegas, F. 1995. Uso de madurantes. *In* CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia, CENICAÑA. p. 315-335.
3. Bakker, H. (1926). Sugarcane cultivation and management. Kluwer Academic/Plenum publishers. 233 Spring Street, New York, N.Y. 100103
4. Bakker, H. 1926. Sugarcane cultivation and management. Kluwer Academic / Plenum Publishers. 233 p.
5. Brenes, C. 1996. Sistemas de información geográfica (en línea). Consultado 15 jun 2015. Disponible en <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/sistemasinfoog.pdf>
6. Buol, SW; Hole, FD; McCracken, RJ. 1993. Génesis y clasificación de suelos. México, Trillas. p. 469-471.
7. Carrasco JL. El método estadístico en la investigación médica. 5ta ed. Madrid. Editorial Ciencia.

8. Castro, O. 2003. Las cuencas hidrográficas de la zona cañera guatemalteca y su entorno (en línea). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. Consultado 20 jun 2015. Disponible en <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-cañera/func/startdown/432/>
9. Castro, O; Suárez, A; Villatoro, B; Rosales, C. 2007. Estrategias técnicas de riego para el manejo de vetas arenosas, una aproximación de agricultura de precisión para la zona cañera guatemalteca. *In* CENGICAÑA. 2007. Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 2006–2007. Guatemala. p. 191-232.
10. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2008. Informe anual 2006–2007. Guatemala. p. 50-62.
11. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2008. Informe anual 2006–2007. Guatemala. 62 p.
12. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1994 ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS DE LA ZONA CAÑERA DEL SUR DE GUATEMLA. 96 P.
13. García, A; Martínez, F; Ruiz, E; Rodriguez, I; Varela, J. 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA / INPOFOS. p. 95-101.
14. ICL (Ingeniería del Campo Limitada, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. 2 ed. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 215 p.
15. Ingenio La Unión, GT. 2009. Paquete tecnológico del cultivo de la caña de azúcar. Guatemala. p. 1-52.

16. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2004. Mapa fisiográfico-geomorfológico del departamento de Escuintla Guatemala. Guatemala, MAGA, UPGGR. Esc. 1:500,000. Color. Consultado 15 set 2015. Disponible en http://200.12.49.237/SIG_MAGA/escuintla.html
17. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2004a. Mapa fisiográfico-geomorfológico del departamento de Escuintla (en línea). Guatemala, UPGGR. Esc. 1:500,000. Color. Consultado 15 feb 2015. Disponible <http://200.12.49.237/imagenes/Mapas/DEPARTAMENTAL/Escuintla/Jpg/fisiografico.jpg>
18. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2004. Mapa fisiográfico-geomorfológico del departamento de Escuintla (en línea). Guatemala, UPGGR. Esc. 1:500,000. Color. Consultado 15 set 2008. Disponible http://200.12.49.237/SIG_MAGA/escuintla.html
19. MICIVI (Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, GT); IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1974. Estudio morfométrico de la cuenca del río Acomé. Guatemala, MICIVI, Programa de Investigación de los Recursos de Agua de la República de Guatemala. v. 1, p. 3-5.
20. Orozco, H; Soto, G, Pérez, O, Ventura, R, Recinos, M. 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 27 p. (Documento Técnico no. 6). Disponible en: <http://cengicana.org/Portal/Biblioteca/PublicacionesCENGICANA/Documentos/Tecnicos/0706/DocumentoTecnico6.pdf>

21. Orozco, H; Soto, G; Pérez, O; Ventura, R; Recinos, M. 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, CENGICAÑA, Documento Técnico no. 6. Consultado 20 jun 2015. Disponible en [http://cengicana.org/Portal/Biblioteca/PublicacionesCENGICANA/Documentos Tecnicos/0706/DocumentoTecnico6.pdf](http://cengicana.org/Portal/Biblioteca/PublicacionesCENGICANA/Documentos/Tecnicos/0706/DocumentoTecnico6.pdf)
22. Repetto, DM; Farías, E; Vigna, A; Alessandrinni, D; Benitez, M. 2011. Estadística. Uruguay, Universidad de la República, Relaciones Internacionales, Facultad de Derecho. p. 1-29.
23. Reportes BioSacl. Consultado el 15 de 2015. Disponible en <https://reportesbiosalc.launion.com.gt/>
24. Sandoval, J; Gil, A; Álvarez, C; Azañón, V; García, C; Martínez, C. 2014. Resultados de investigación agrícola, zafra 2013-2014. Guatemala, CENGICAÑA. v. 1, p. 13.
25. UNAM, MX. 2000. La distribución "T" de Student (en línea). México. Consultado 20 ago 2015. Disponible en <http://www.geociencias.unam.mx/~ramon/EstInf/Clase7.pdf>
26. USDA, US. 2000. Calculo de la humedad del suelo por tacto y apariencia. US, USDA, Servicio de Conservación de Recursos Naturales / AID, 1619-SP, p. 4-11.

3.6 ANEXOS

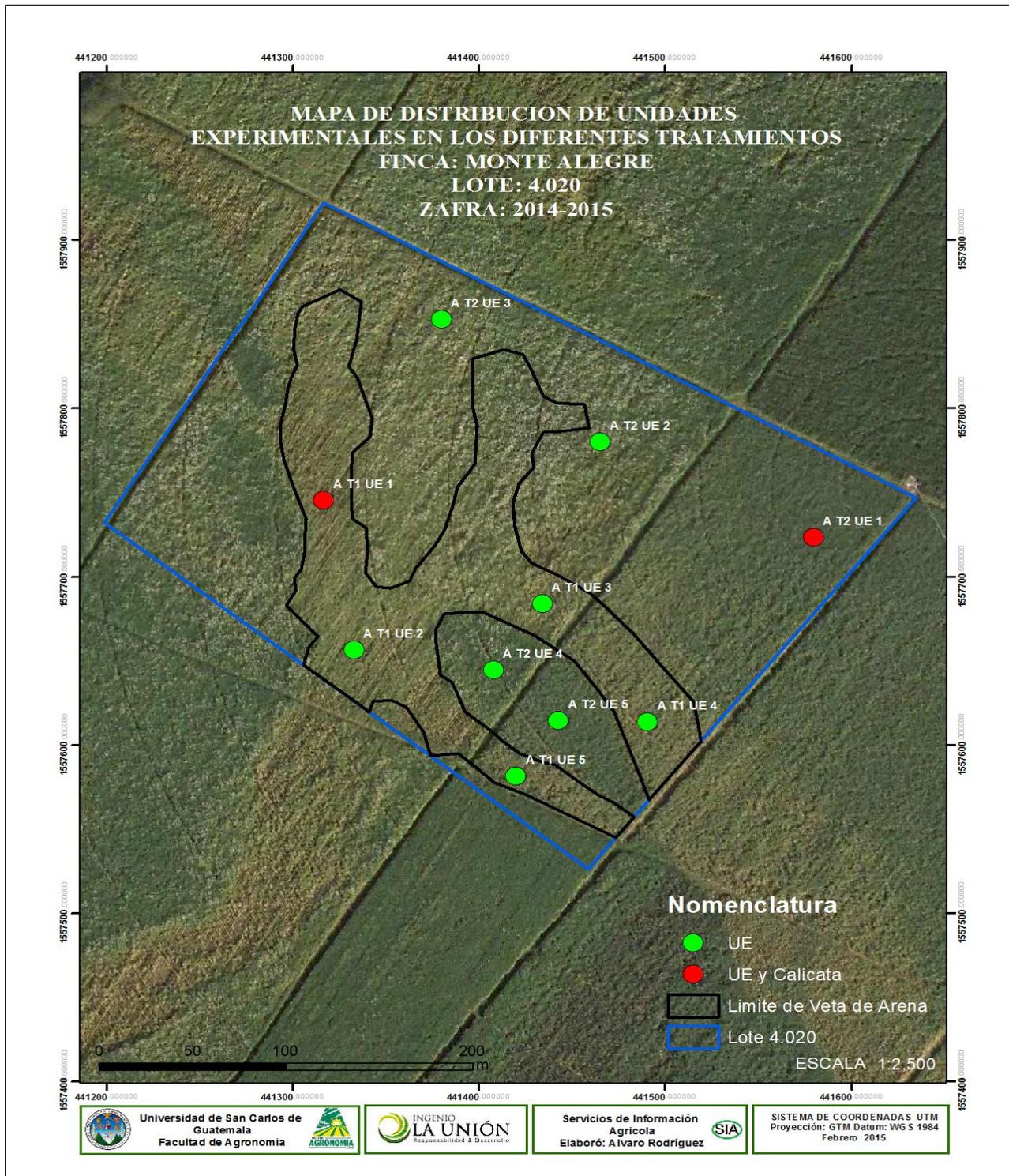


Figura 43A. Mapa de distribución de unidades experimentales en los diferentes tratamientos, finca Monte Alegre, lote 4.020, Zafra 2014-2015

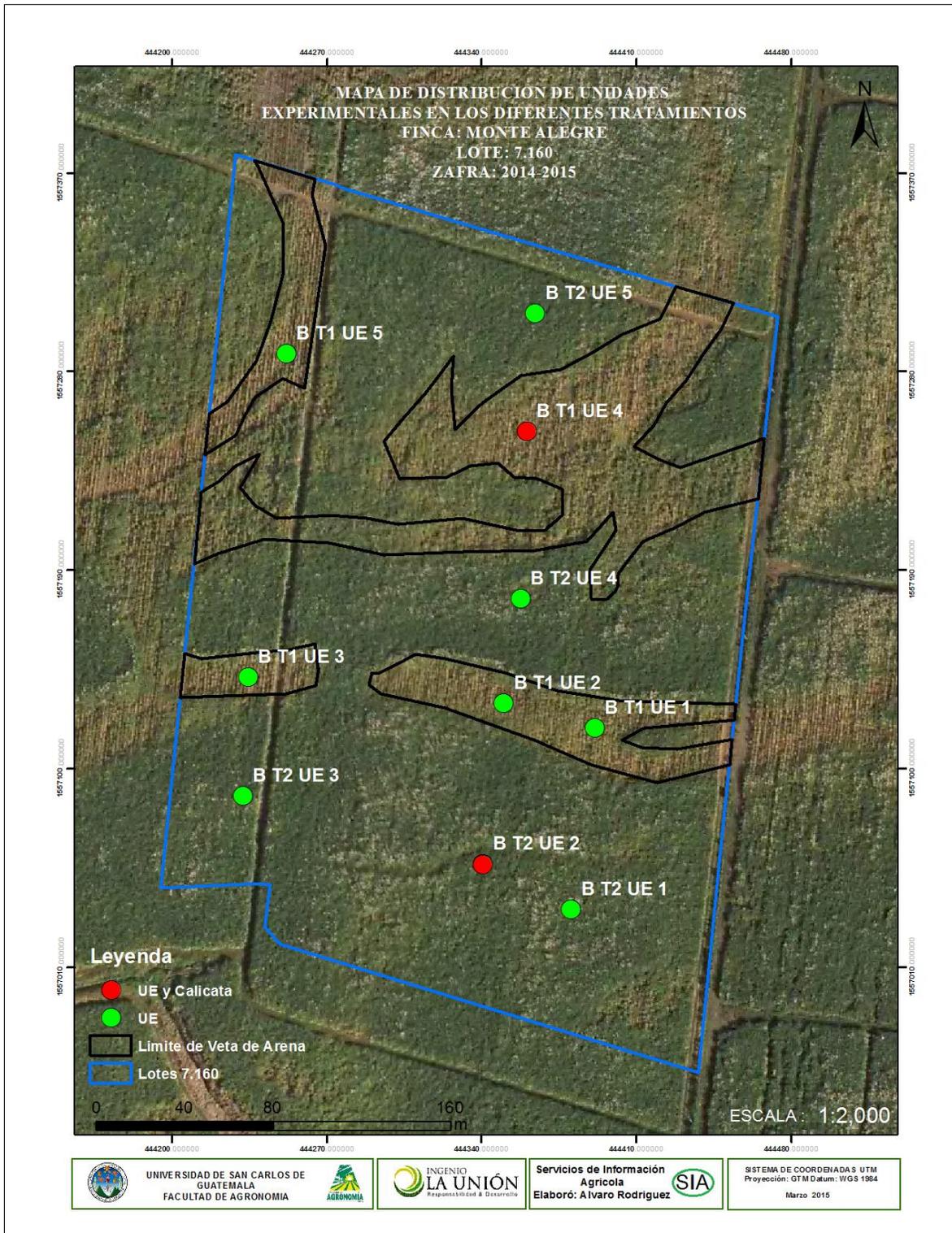


Figura 44A. Mapa de distribución de unidades experimentales en los diferentes tratamientos, finca Monte Alegre, lote 7.160, Zafra 2014-2015.

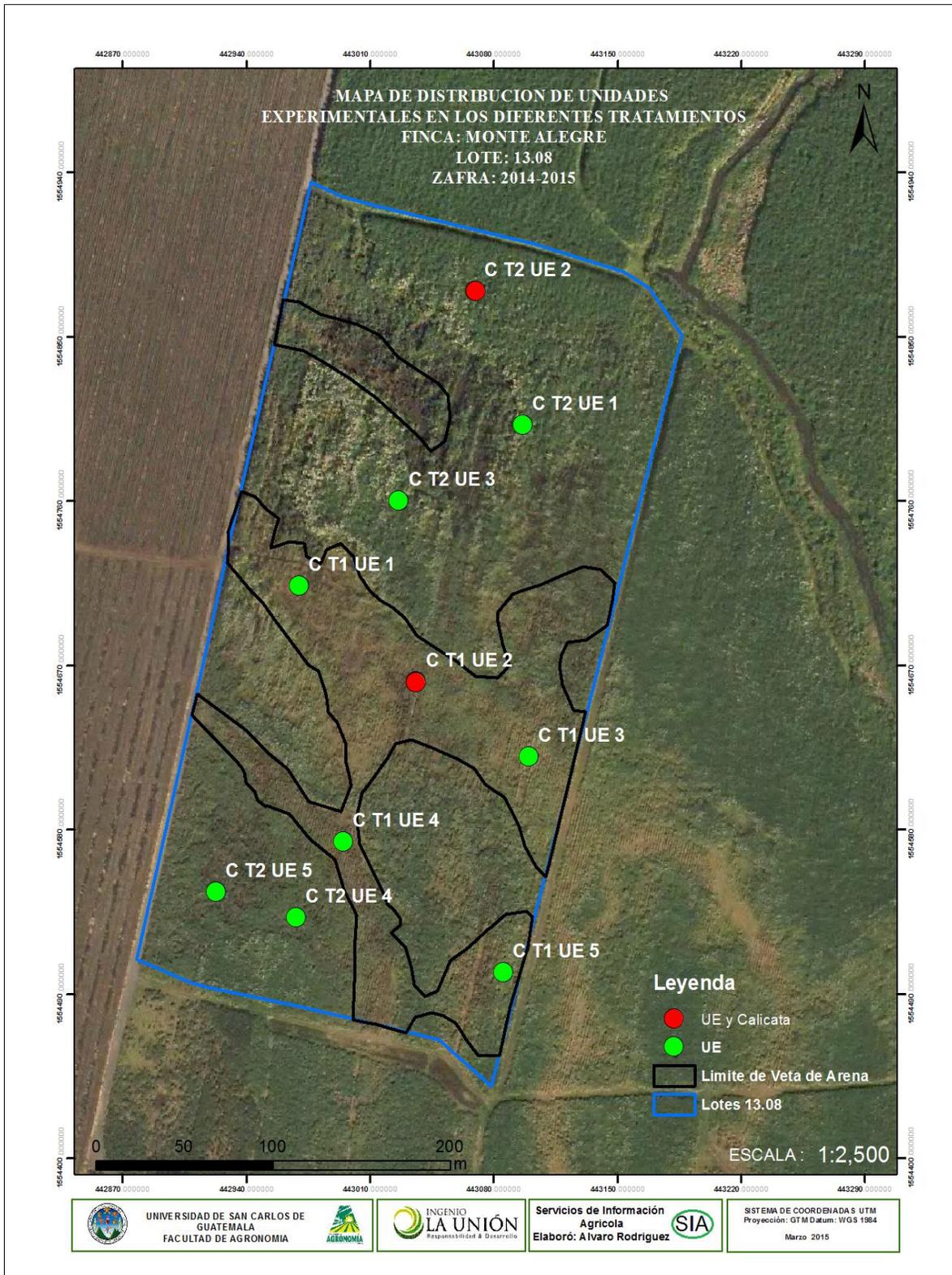


Figura 45A. Mapa de distribución de unidades experimentales en los diferentes tratamientos, finca Monte Alegre, lote 13.08, Zafra 2014-2015.

Cuadro 28A. Análisis de medias para la variable de población por metro lineal, lote 4.020, prueba "T" Student

ESTADISTICOS	SUELO CON	SUELO SIN
	VETA	VETA
Media	8.40	11.4
Varianza	0.80	3.8
Observaciones	5.00	5
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-5.48	
P(T<=t) una cola	0.00	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.01	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 29A. Análisis de medias para la variable de longitud, lote 4.020, prueba "T" Student

ESTADISTICOS	SUELO CON	SUELO SIN
	VETA	VETA
Media	3.45	3.76
Varianza	0.05	0.09
Observaciones	5.00	5.00
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-1.72	
P(T<=t) una cola	0.08	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.16	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 30A. Análisis de medias para la variable de peso, lote 4.020, prueba "T"
Student.

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	154.82	171.41
Varianza	325.78	508.83
Observaciones	5.00	5.00
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-1.16	
P(T<=t) una cola	0.16	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.31	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 31A. Análisis de medias de t/ha, lote 4.020, prueba "T" Student.

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	98.74	147.17
Varianza	135.28	1210.79
Observaciones	5.00	5
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-3.57	
P(T<=t) una cola	0.012	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.023	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 32A. Análisis de medias para la variable de población, lote 7.160, prueba "T" Student

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	10.00	10.54
Varianza	2.00	3.10
Observaciones	5.00	5
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-1.15	
P(T<=t) una cola	0.16	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.32	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 33A. Análisis de medias para la variable de población, lote 7.160, prueba "T" Student

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	3.01	2.95
Varianza	0.05	0.11
Observaciones	5.00	5
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	0.66	
P(T<=t) una cola	0.27	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.54	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 34A. Análisis de medias para la variable de peso, lote 7.160, prueba "T"

Student

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	121.76	123.20
Varianza	32.60	64.20
Observaciones	5.00	5.00
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-0.36	
P(T<=t) una cola	0.37	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.74	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 35A. Análisis de medias para las t/ha, lote 7.160.

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	92.08	98.25
Varianza	123.01	311.49
Observaciones	5.00	5.00
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-1.47	
P(T<=t) una cola	0.11	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.22	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 36A. Análisis de medias para la variable de población, lote 13.08, prueba "T" Student

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	15.68	18.08
Varianza	4.46	10.79
Observaciones	5.00	5
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-1.22	
P(T<=t) una cola	0.15	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.29	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 37A. Análisis de medias para la variable de longitud, lote 13.08, prueba "T" Student

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	2.38	2.92
Varianza	0.14	0.12
Observaciones	5.00	5.00
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-2.19	
P(T<=t) una cola	0.05	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.09	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 38A. Análisis de medias para la variable de peso, lote 13.08, prueba "T" Student

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	89.44	154.60
Varianza	320.97	1265.80
Observaciones	5.00	5.00
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-3.51	
P(T<=t) una cola	0.01	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.025	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Cuadro 39A. Análisis de medias de t/ha, lote 13.08, prueba "T" Student

ESTADISTICOS	SUELO CON VETA	SUELO SIN VETA
Media	106.78	213.52
Varianza	414.66	2,991.54
Observaciones	5.00	5.00
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	-4.11	
P(T<=t) una cola	0.007	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.015	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

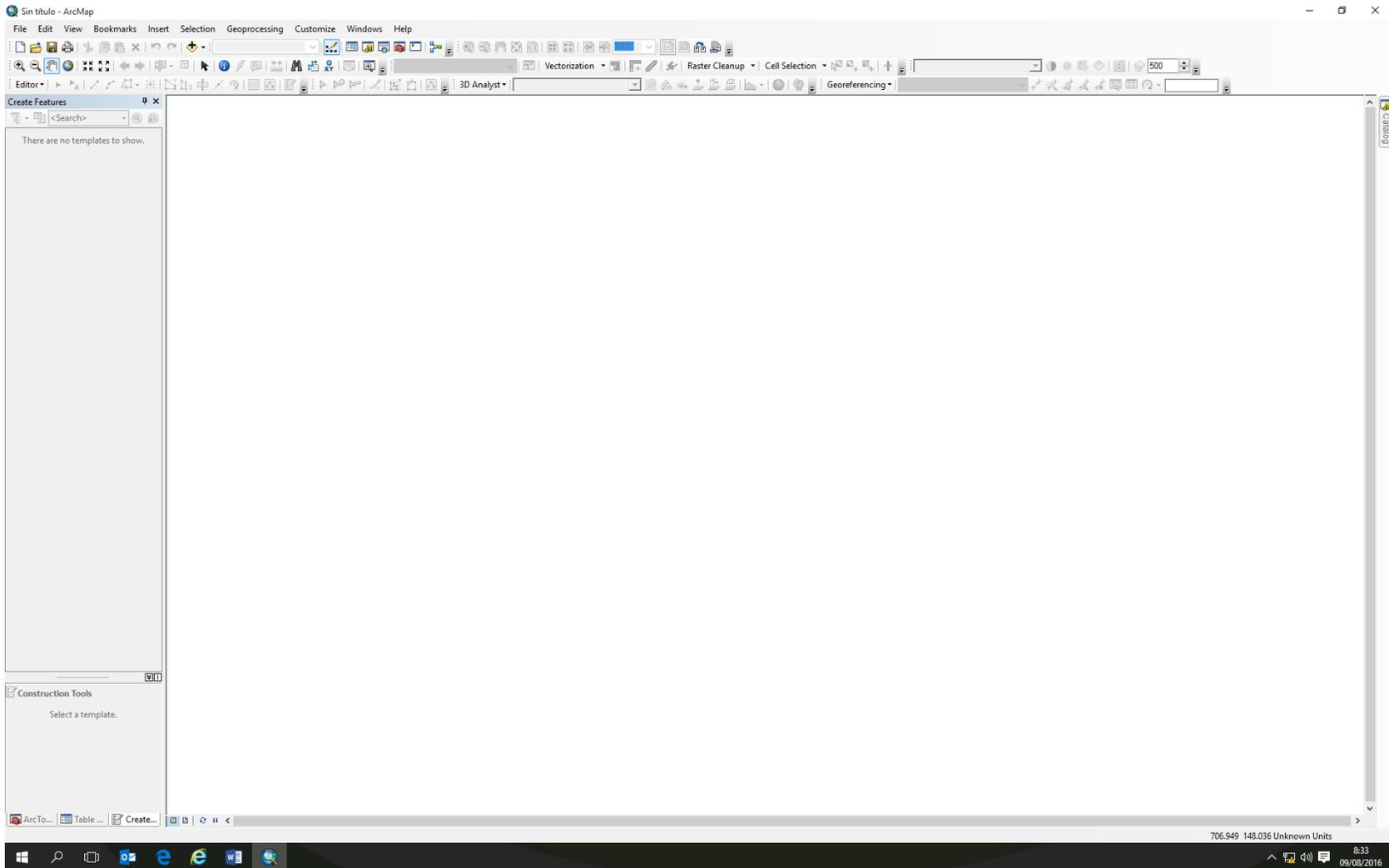


Figura 46A. Inicio de plataforma de dibujo de ArMap de ArcGis

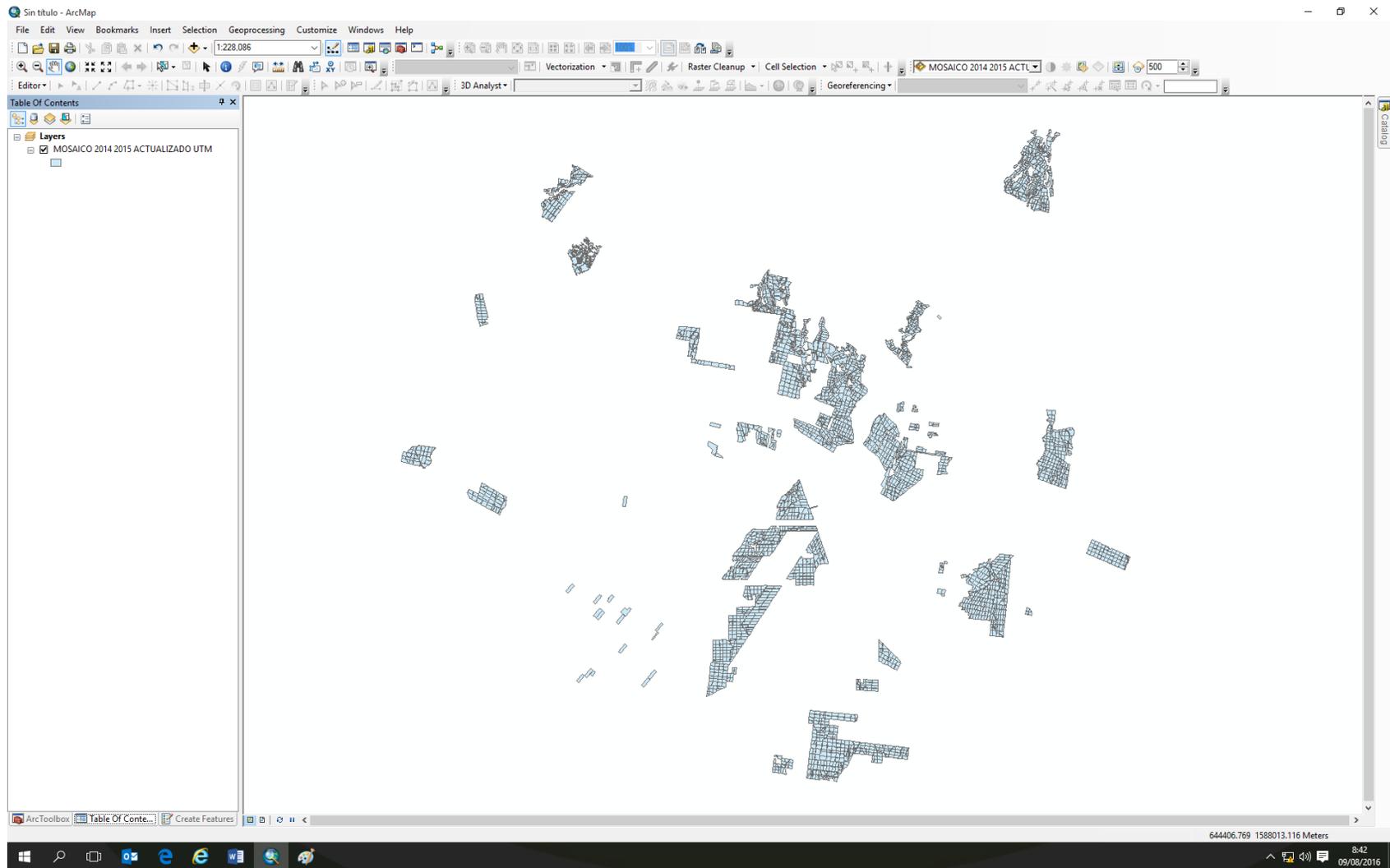


Figura 47A. Mosaico de fincas bajo administración de Ingenio La Unión, Zafrá 2014-2015.

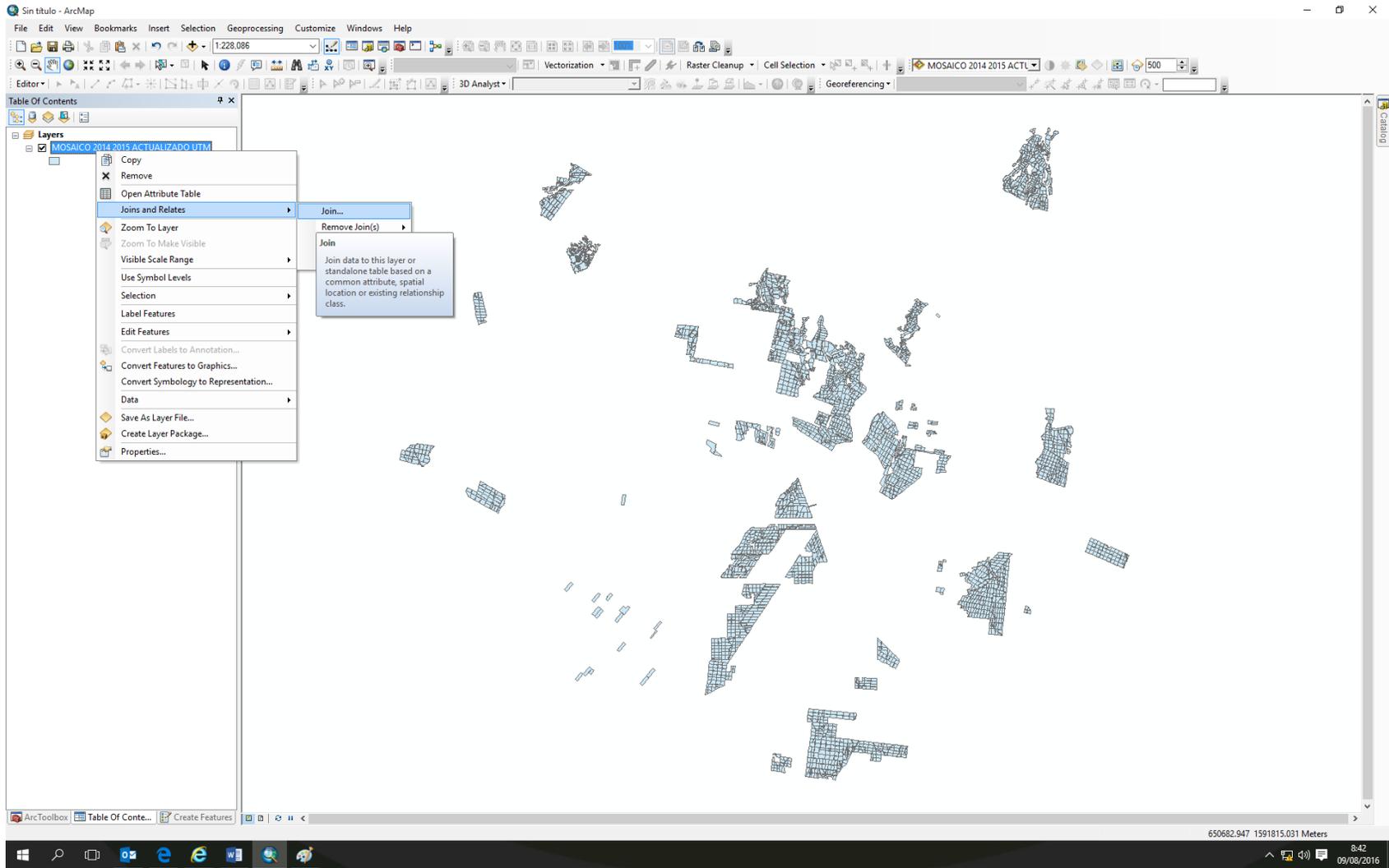


Figura 48A. Unión de base de datos al mosaico de fincas bajo administración.

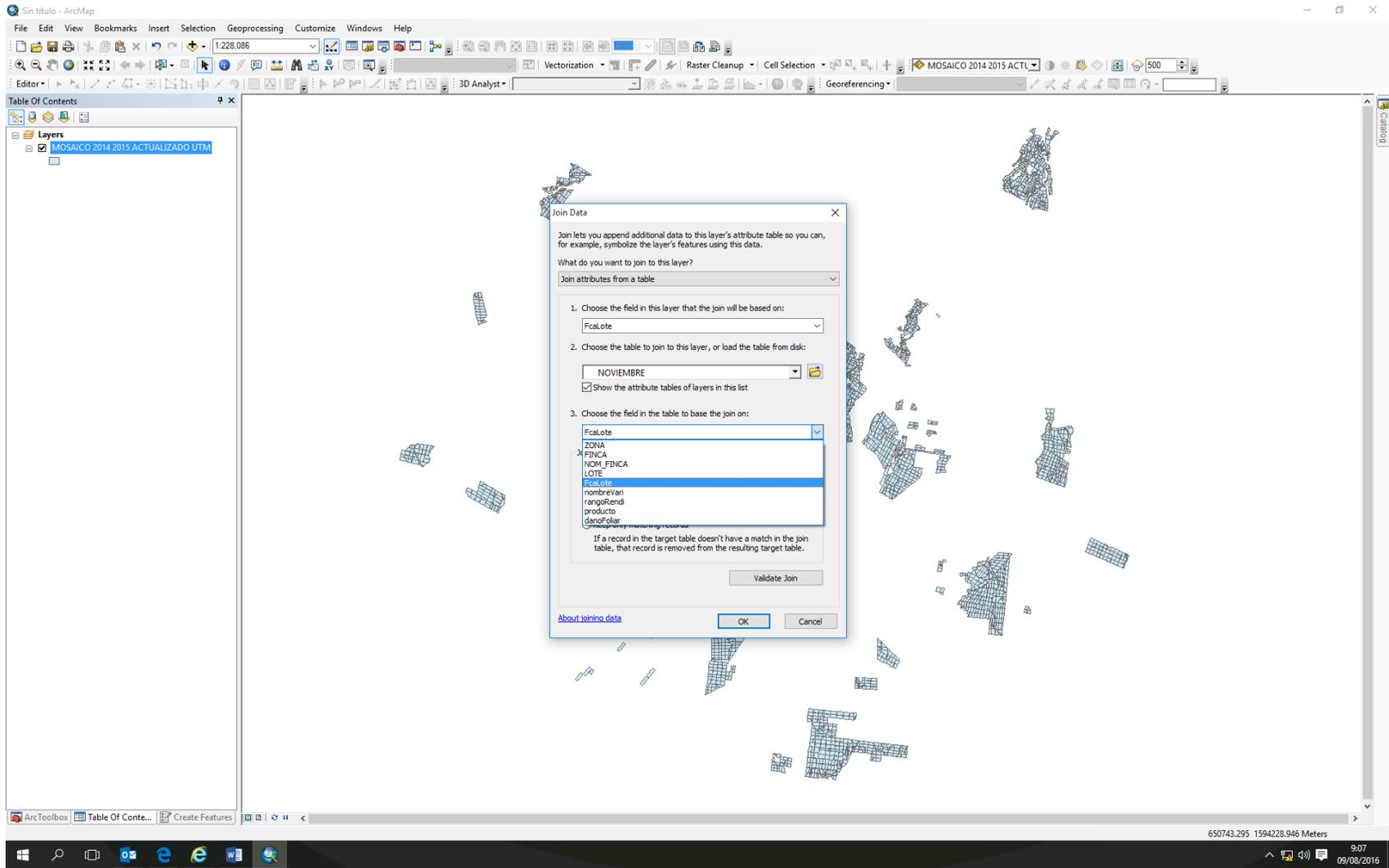


Figura 49A. Selección de patrones similares para realizar el JOIN al archivo Shp.

FID	Shape *	ZONA	FINCA	NOM_FINCA	LOTE	FcaLot	FID	ZONA	FINCA	NOM_FINCA	LOTE	FcaLot *	area	nombreVari	toneladaTm	rendimie_1	rangoRendi	barrenador	PerdidaKg	producto	dosisAplic	dmcProgram	danofoliar	fechalnici	fechaFinPe
270	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	4.100	02410	270	1	02	LOS TARROS	4.100	02410	9.3	Varias	752.23	140.94275	140 En Adeiant	0	0	ROUNDUP S	0.82	47		11/11/2014	30/11/2014
914	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	3.050	15305	914	2	15	REFUGIO VIEJO	3.050	15305	7.41	Varias	990.3718	151.9161	140 En Adeiant	0.37	0.1372		0	0		11/11/2014	30/11/2014
915	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	3.060	15306	915	2	15	REFUGIO VIEJO	3.060	15306	7.3	Varias	1028.6079	149.3962	140 En Adeiant	0.21	0.0779		0	0		11/11/2014	30/11/2014
931	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	4.070	15407	931	2	15	REFUGIO VIEJO	4.070	15407	6.94	Varias	1042.2683	147.727	140 En Adeiant	0.7	0.2595		0	0		11/11/2014	30/11/2014
984	Polygon ZM	2	31	RIO AZUL	7.090	31709	984	2	31	RIO AZUL	7.090	31709	13.9	Varias	2456.3635	142.65375	140 En Adeiant	0	0		0	0		11/11/2014	30/11/2014
1006	Polygon ZM	2	31	RIO AZUL	6.040	31604	1006	2	31	RIO AZUL	6.040	31604	7.17	Varias	1074.1819	134.5595	128.01 - 139.99	0	0	ROUNDUP S	1.51	51		11/11/2014	30/11/2014
1219	Polygon ZM	2	05	TEHUANTEPEC	1.340	05134	1219	2	05	TEHUANTEPEC	1.340	05134	9.88	Varias	917.668	116.58735	< 128	0.89	0.3289	ROUNDUP S	1.39	55		11/11/2014	30/11/2014
1220	Polygon ZM	2	05	TEHUANTEPEC	1.350	05135	1220	2	05	TEHUANTEPEC	1.350	05135	4.57	Varias	582.8879	135.9603	128.01 - 139.99	0.46	0.1705	ROUNDUP S	1.29	55		11/11/2014	30/11/2014
233	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	13.03	021303	233	1	02	LOS TARROS	13.03	021303	6.65	SP79-2233	436.0493	157.0527	140 En Adeiant	0.8	0.2966	ROUNDUP S	0.74	52		11/11/2014	30/11/2014
273	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	5.010	02501	273	1	02	LOS TARROS	5.010	02501	5.72	SP79-2233	433.4547	138.0302	128.01 - 139.99	0.94	0.3485	ROUNDUP S	0.7	51		11/11/2014	30/11/2014
274	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	5.020	02502	274	1	02	LOS TARROS	5.020	02502	6.34	SP79-2233	480.4473	145.9159	140 En Adeiant	0.73	0.2706	ROUNDUP S	0.7	50		11/11/2014	30/11/2014
275	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	5.030	02503	275	1	02	LOS TARROS	5.030	02503	4.22	SP79-2233	332.3609	134.2624	128.01 - 139.99	0.91	0.3374	ROUNDUP S	0.7	51		11/11/2014	30/11/2014
327	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	9.030	02903	327	1	02	LOS TARROS	9.030	02903	11.3	SP79-2233	246.7237	144.7761	140 En Adeiant	0.87	0.3225		0	0		11/11/2014	30/11/2014
344	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	13.07	021307	344	1	02	LOS TARROS	13.07	021307	7.14	SP79-2233	672.8087	156.0506	140 En Adeiant	1.71	0.6339	ROUNDUP S	0.74	50		11/11/2014	30/11/2014
345	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	13.02	021302	345	1	02	LOS TARROS	13.02	021302	4.81	SP79-2233	361.3413	161.34045	140 En Adeiant	0.77	0.2855	ROUNDUP S	0.74	51		11/11/2014	30/11/2014
346	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	13.08	021308	346	1	02	LOS TARROS	13.08	021308	5.75	SP79-2233	394.2568	157.15945	140 En Adeiant	0	0	ROUNDUP S	0.74	54		11/11/2014	30/11/2014
347	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	13.01	021301	347	1	02	LOS TARROS	13.01	021301	8.42	SP79-2233	622.2208	163.4982	140 En Adeiant	0.83	0.3077	ROUNDUP S	0.74	49		11/11/2014	30/11/2014
319	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	2.140	02214	319	1	02	LOS TARROS	2.140	02214	7.3	Q107	604.6216	136.244	128.01 - 139.99	0.38	0.1409	ROUNDUP S	0.7	54		11/11/2014	30/11/2014
225	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	3.010	02301	225	1	02	LOS TARROS	3.010	02301	5.56	PR87-2015	578.5148	132.0288	128.01 - 139.99	1.17	0.3437	ROUNDUP S	0.73	49		11/11/2014	30/11/2014
371	Polygon ZM	1	13	EL TIGRE	16.02	131602	371	1	13	EL TIGRE	16.02	131602	12.87	PR86-2055	990.2792	141.3294	140 En Adeiant	0.34	0.126	ROUNDUP S	0.73	54		11/11/2014	30/11/2014
224	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	2.130	02213	224	1	02	LOS TARROS	2.130	02213	6.34	PP0K	558.7572	132.7527	128.01 - 139.99	0.19	0.0764	ROUNDUP S	0.73	48		11/11/2014	30/11/2014
228	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	9.210	02921	228	1	02	LOS TARROS	9.210	02921	2.51	PP0K	140.3722	140.1424	140 En Adeiant	0	0	ROUNDUP S	0.7	53		11/11/2014	30/11/2014
231	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	9.150	02915	231	1	02	LOS TARROS	9.150	02915	9.62	PP0K	629.1986	135.16005	128.01 - 139.99	0.59	0.2187	ROUNDUP S	0.7	53		11/11/2014	30/11/2014
234	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	13.04	021304	234	1	02	LOS TARROS	13.04	021304	8.64	PP0K	633.8316	140.5344	140 En Adeiant	0.45	0.1668	ROUNDUP S	0.74	54		11/11/2014	30/11/2014
242	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	15.11	021511	242	1	02	LOS TARROS	15.11	021511	3.63	PP0K	294.9543	133.4434	128.01 - 139.99	1.08	0.4004	ROUNDUP S	0.73	52		11/11/2014	30/11/2014
243	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	15.19	021519	243	1	02	LOS TARROS	15.19	021519	5.34	PP0K	463.4668	126.4645	< 128	0.46	0.1705	ROUNDUP S	0.73	54		11/11/2014	30/11/2014
244	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	15.10	021510	244	1	02	LOS TARROS	15.10	021510	4.41	PP0K	403.1828	122.8526	< 128	0.61	0.2261	ROUNDUP S	0.73	51		11/11/2014	30/11/2014
245	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	15.18	021518	245	1	02	LOS TARROS	15.18	021518	5.24	PP0K	393.25	130.5596	128.01 - 139.99	0	0	ROUNDUP S	0.73	55		11/11/2014	30/11/2014
343	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	13.05	021305	343	1	02	LOS TARROS	13.05	021305	7.35	PP0K	76.3947	141.88285	140 En Adeiant	0.65	0.241	ROUNDUP S	0.74	54		11/11/2014	30/11/2014
353	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	15.01	021501	353	1	02	LOS TARROS	15.01	021501	6.97	PP0K	527.2244	136.2559	128.01 - 139.99	0.47	0.1742	ROUNDUP S	0.7	58		11/11/2014	30/11/2014
354	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	15.02	021502	354	1	02	LOS TARROS	15.02	021502	6.53	PP0K	678.6988	134.6272	128.01 - 139.99	0	0	ROUNDUP S	0.73	50		11/11/2014	30/11/2014
771	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	2.120	02212	771	1	02	LOS TARROS	2.120	02212	6.83	PP0K	435.2059	138.1755	128.01 - 139.99	0.9	0.3337	ROUNDUP S	0.7	53		11/11/2014	30/11/2014
2005	Polygon ZM	1	02	LOS TARROS	15.06	021506	2005	1	02	LOS TARROS	15.06	021506	5.81	PP0K	501.1417	138.9587	128.01 - 139.99	1.16	0.43	ROUNDUP S	0.73	51		11/11/2014	30/11/2014
1111	Polygon ZM	2	31	RIO AZUL	12.10	31210	1111	2	31	RIO AZUL	12.10	31210	7.54	PGM88-968	1110.5147	115.49885	< 128	1.82	0.6747		0	0		11/11/2014	30/11/2014
895	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	1.020	15102	895	2	15	REFUGIO VIEJO	1.020	15102	18.18	CP73-1547	2656.0918	145.415329	140 En Adeiant	1	0.3707		0	0		11/11/2014	30/11/2014
900	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	1.100	15110	900	2	15	REFUGIO VIEJO	1.100	15110	5.58	CP73-1547	783.9093	150.77525	140 En Adeiant	0.96	0.3559	ROUNDUP S	1.45	50		11/11/2014	30/11/2014
901	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	1.110	15111	901	2	15	REFUGIO VIEJO	1.110	15111	4.09	CP73-1547	542.8726	141.1758	140 En Adeiant	1.13	0.4189	ROUNDUP S	1.45	50		11/11/2014	30/11/2014
905	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	2.040	15204	905	2	15	REFUGIO VIEJO	2.040	15204	14.09	CP73-1547	1923.7558	160.14975	140 En Adeiant	0.87	0.3225	ROUNDUP S	1.44	51		11/11/2014	30/11/2014
909	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	2.080	15208	909	2	15	REFUGIO VIEJO	2.080	15208	6.7	CP73-1547	973.9105	150.21705	140 En Adeiant	0.85	0.3151	ROUNDUP S	1.44	50		11/11/2014	30/11/2014
911	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	3.010	15301	911	2	15	REFUGIO VIEJO	3.010	15301	9.24	CP73-1547	1412.7109	140.58825	140 En Adeiant	0.34	0.126		0	0		11/11/2014	30/11/2014
912	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	3.030	15303	912	2	15	REFUGIO VIEJO	3.030	15303	3.91	CP73-1547	510.1821	159.90405	140 En Adeiant	0	0		0	0		11/11/2014	30/11/2014
917	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	3.080	15308	917	2	15	REFUGIO VIEJO	3.080	15308	7.43	CP73-1547	910.8549	154.81075	140 En Adeiant	0.62	0.2298		0	0		11/11/2014	30/11/2014
918	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	3.090	15309	918	2	15	REFUGIO VIEJO	3.090	15309	12.36	CP73-1547	1686.3328	151.1661	140 En Adeiant	0.7	0.2595		0	0		11/11/2014	30/11/2014
920	Polygon ZM	2	15	REFUGIO VIEJO	3.120	15312	920	2	15	REFUGIO VIEJO	3.120	15312	6.51	CP73-1547	898.1627	153.69555	140 En Adeiant	0.25							

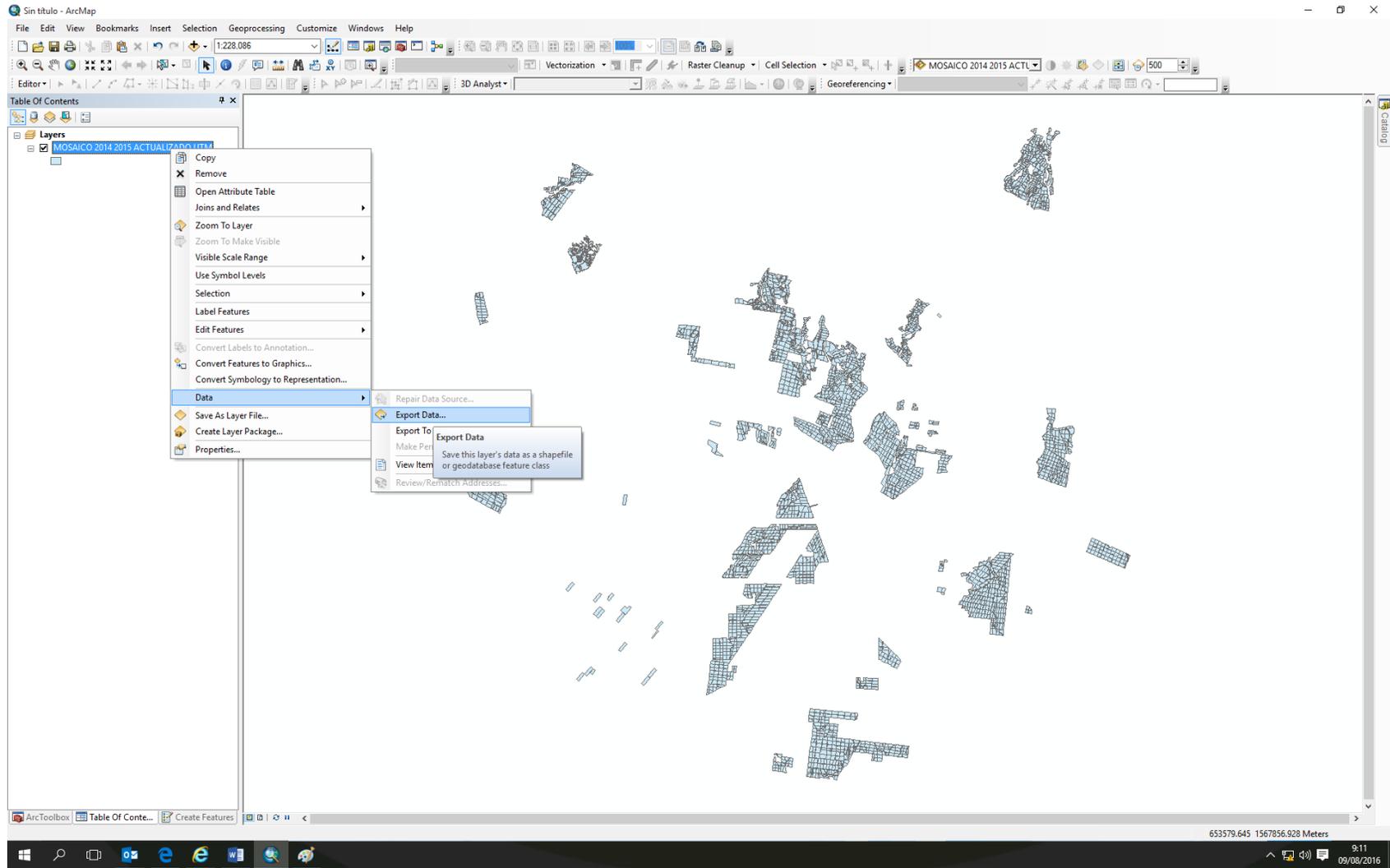


Figura 51A. Exportar datos para crear el nuevo archivo Shp de rendimiento potencial (Kg/Tm).

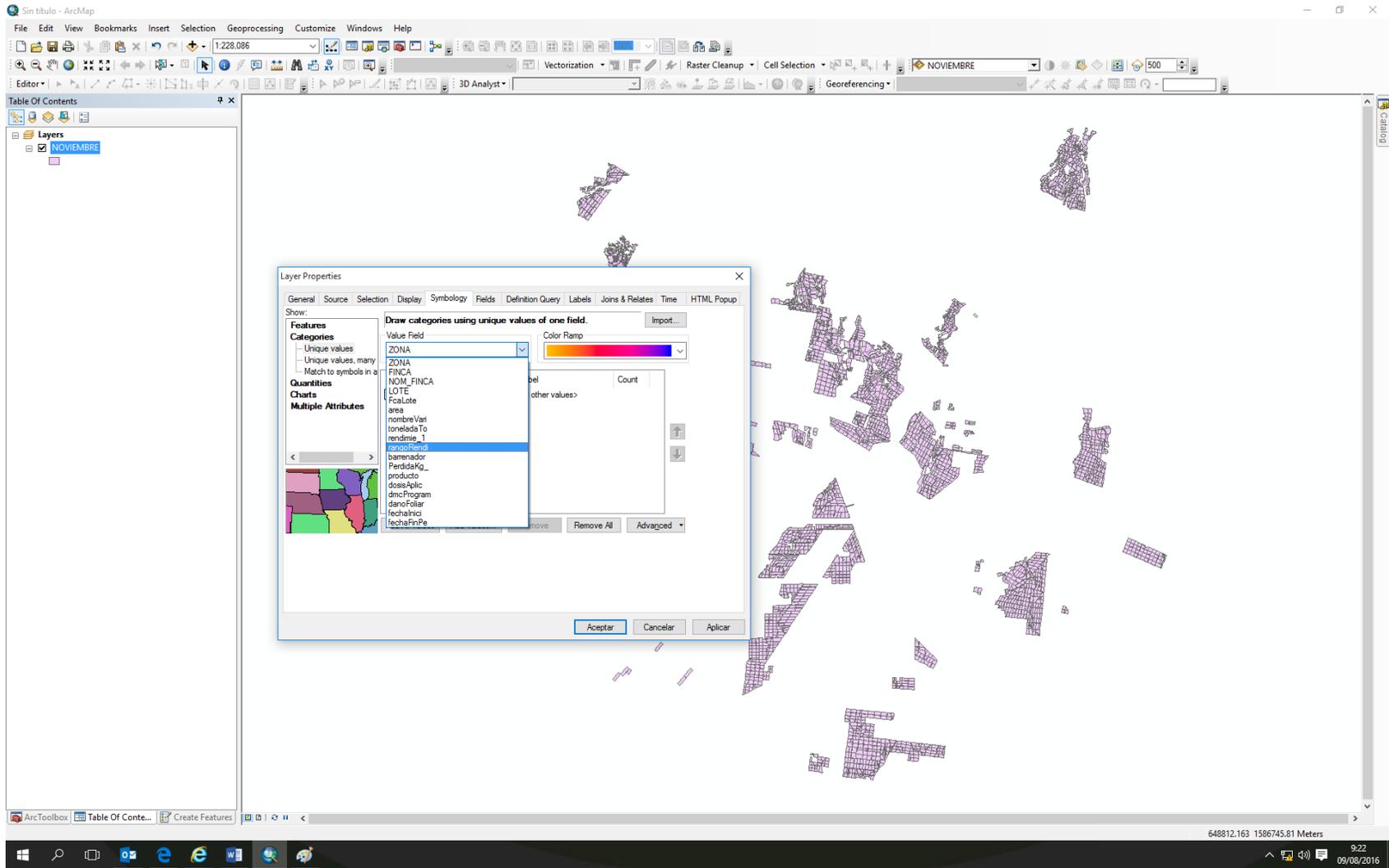


Figura 52A. Selección de categoría rango rendimiento, para pintar el mapa electrónico.

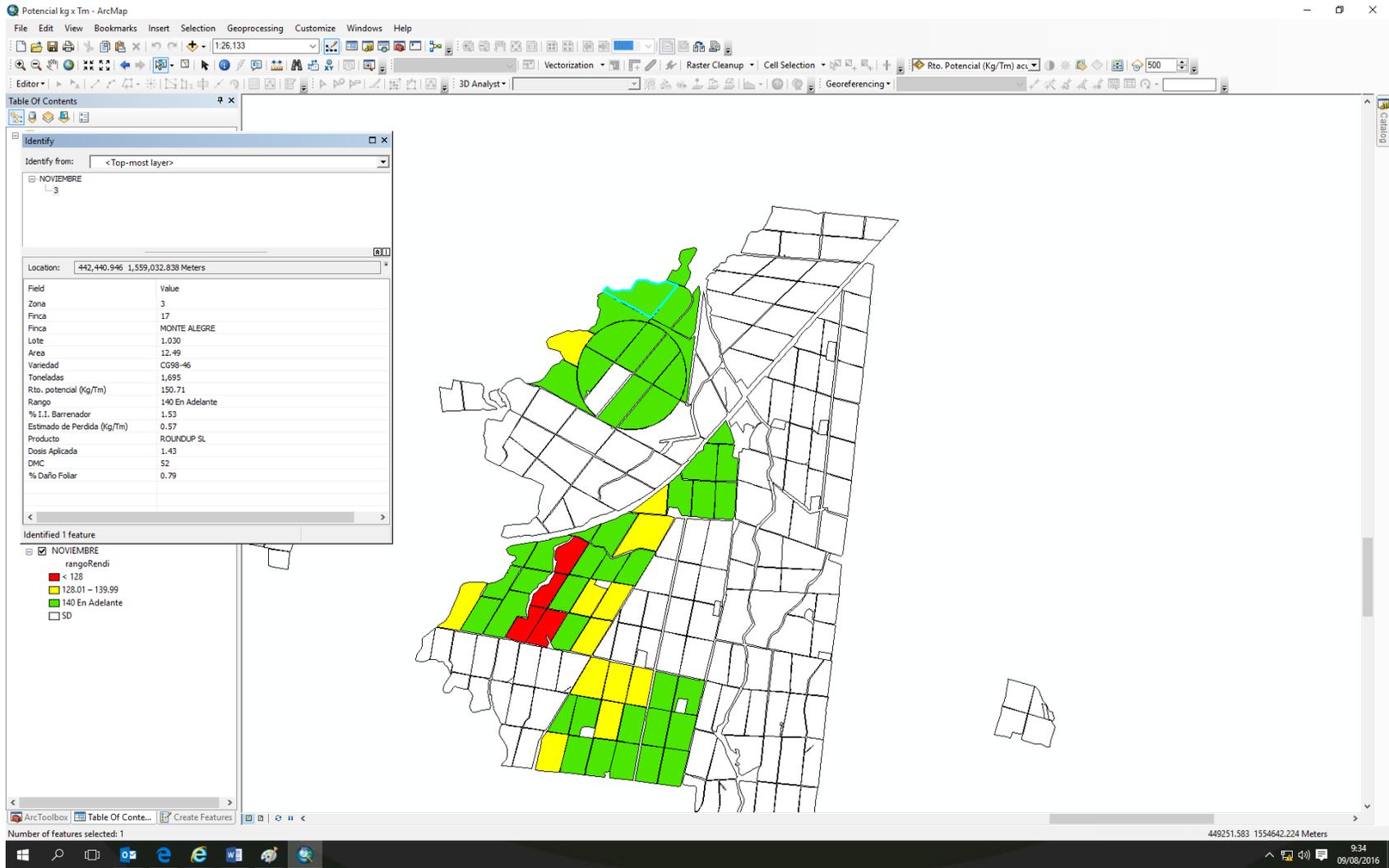


Figura 53A. Mapa electrónico en formato Shp mostrando los rendimientos potenciales (Kg/Tm) en tres rangos.

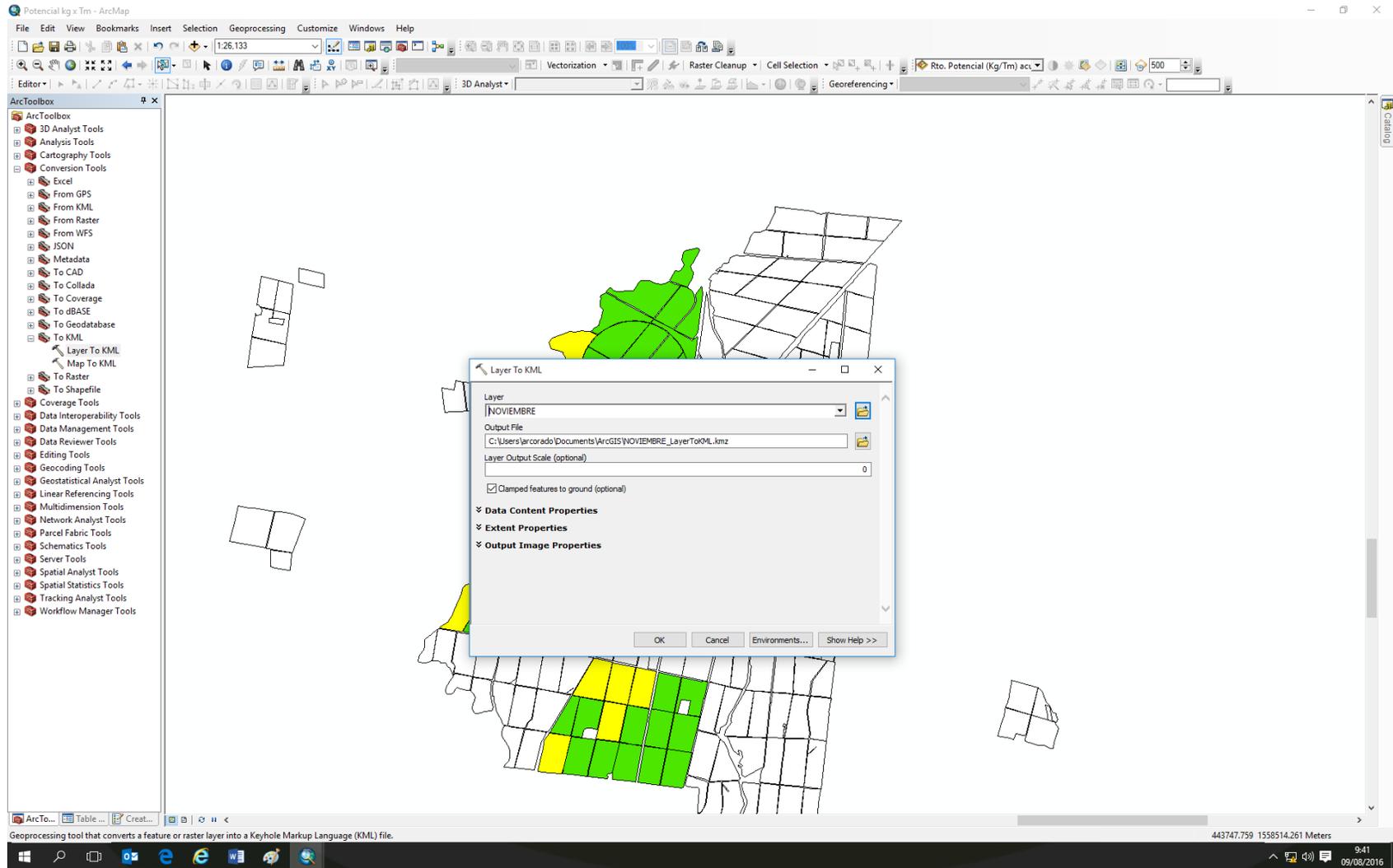


Figura 54A. Exportar el mapa electrónico a formato KMZ para poder visualizarlo en el sitio web de Google Earth.

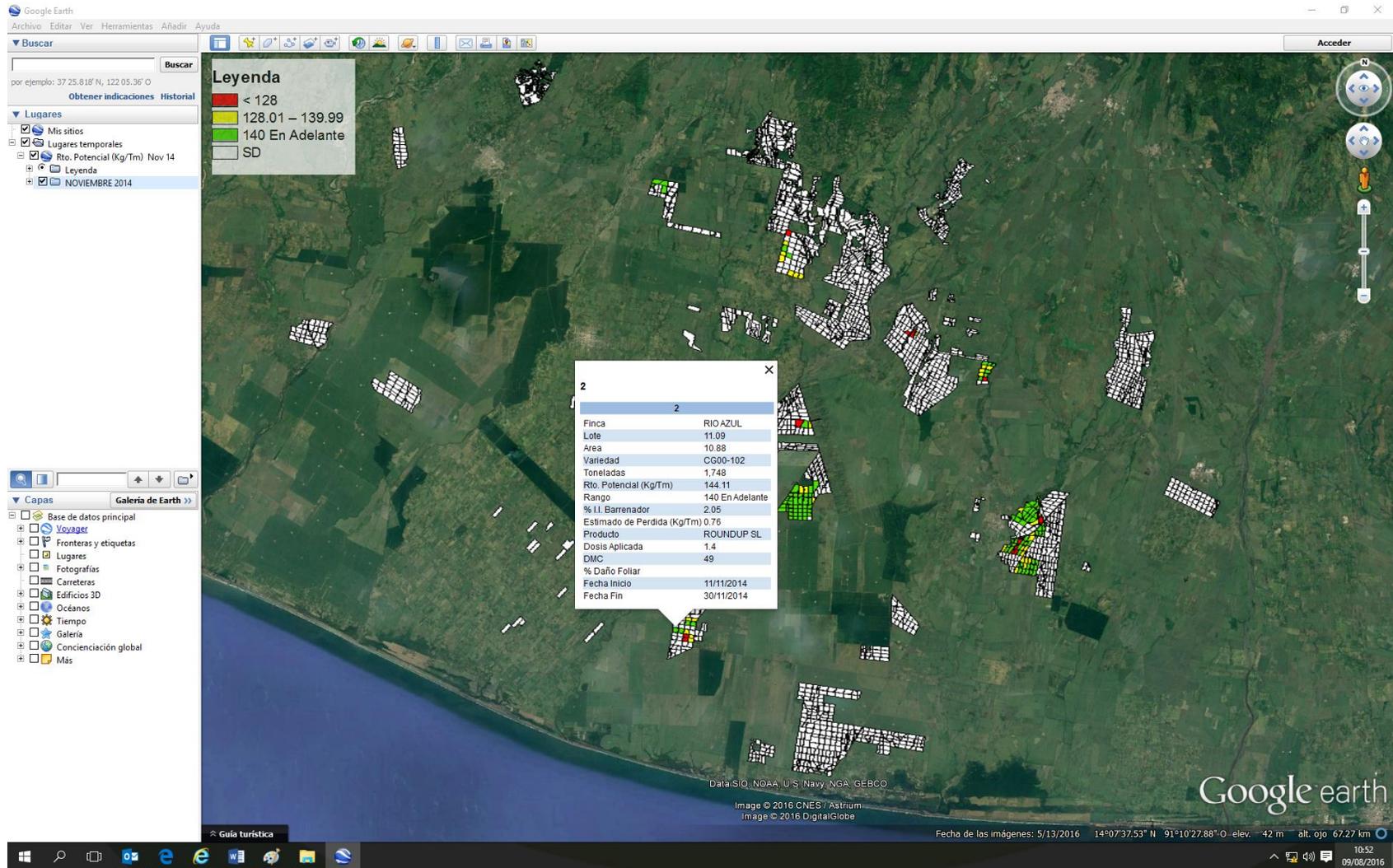


Figura 55A. Archivo final con extensión KMZ para poder monitorear el rendimiento potencial (Kg/Tm) en una plataforma en línea de Google Earth.

Cuadro 40A. Resultados de análisis físicos del suelo, calicata sin veta de arena

 Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico									
Fecha	Horizonte	Estrato	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura	15 ATM.	1/3 ATM.	D.AP.
			%	%	%		% H	% H	g/cc
06/01/2015	Horizonte A	26	24.31	18.43	57.27	Franco arcillo arenoso	25.79	46.67	0.95
06/01/2015	Horizonte B	26-50	26.47	47.47	26.06	Franco	25.58	51.14	0.88
06/01/2015	Horizonte B-1	50-70	15.85	44.93	39.22	Franco	17.99	40.43	1.07
06/01/2015	Horizonte C	70-105	3.45	9.82	86.73	Arena	4.30	9.14	1.47

Cuadro 41A. Resultados de análisis físicos del suelo, calicata con veta de arena

 Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico									
Fecha	Horizonte	Estrato	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura	15 ATM.	1/3 ATM.	D.AP.
			%	%	%		% H	% H	g/cc
06/01/2015	Horizonte A	32	9.61	16.06	74.32	Franco arenoso	10.86	26.65	1.29
06/01/2015	Horizonte A-1	32-44	7.52	11.96	80.53	Arena franca	7.59	17.04	1.45
06/01/2015	Horizonte C	45-100	3.21	3.81	92.99	Arena	4.42	6.57	1.45