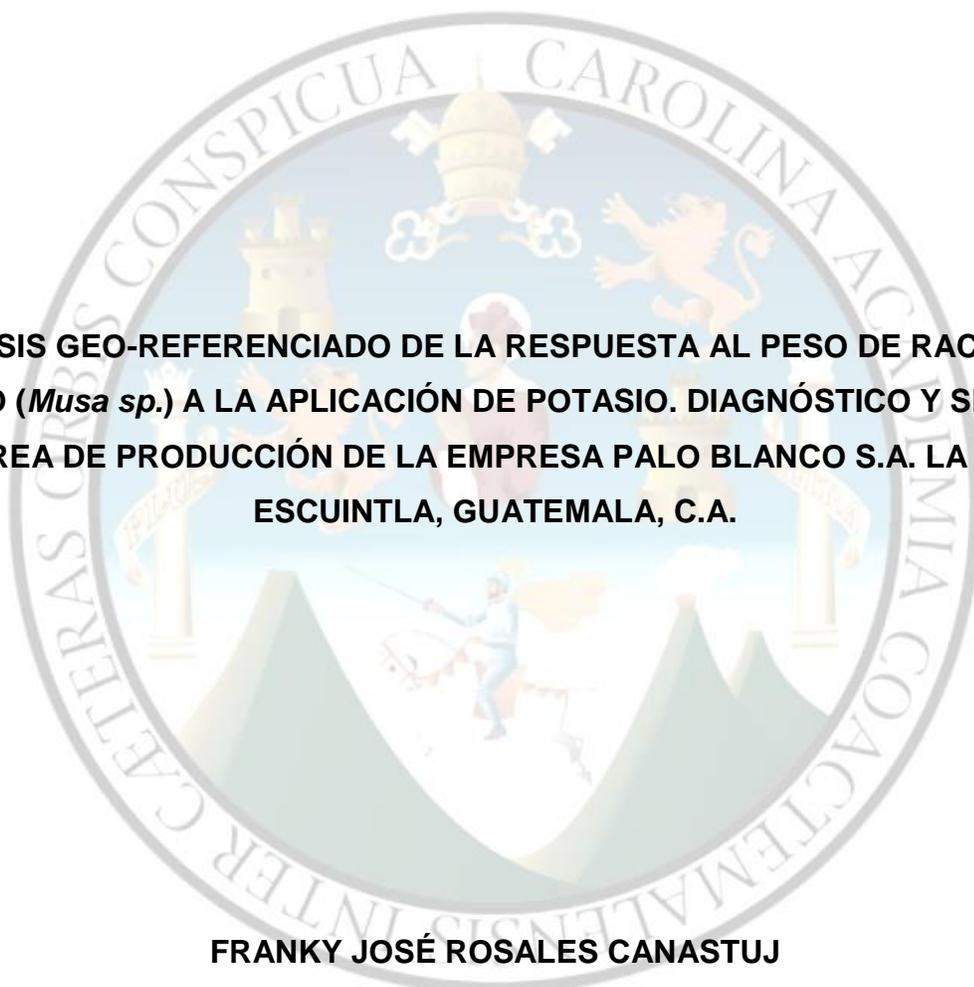


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a blue suit and hat, holding a staff, standing on a white path. The path is flanked by two green mountains. Above the man is a golden crown with a cross on top. The seal is surrounded by a circular border with Latin text: "CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS GROSS CONSPICUA".

**ANÁLISIS GEO-REFERENCIADO DE LA RESPUESTA AL PESO DE RACIMO DE
BANANO (*Musa sp.*) A LA APLICACIÓN DE POTASIO. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA PALO BLANCO S.A. LA GOMERA,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

FRANKY JOSÉ ROSALES CANASTUJ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ANÁLISIS GEO-REFERENCIADO DE LA RESPUESTA AL PESO DE RACIMO DE
BANANO (*Musa sp.*) A LA APLICACIÓN DE POTASIO. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA PALO BLANCO S.A. LA GOMERA,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

FRANKY JOSÉ ROSALES CANASTUJ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

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

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recínos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Electrónica. Carlos Waldemar De León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

Guatemala, noviembre de 2018

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: **“Análisis geo-referenciado de la respuesta al peso de racimo de banano (*Musa sp.*) a la aplicación de potasio. Diagnóstico y servicios en el área de producción de la empresa Palo Blanco S.A. La Gomera, Escuintla, Guatemala, C.A.”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Franky José Rosales Canastuj

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Porque sin el nada es posible, porque me ha dado la fortaleza para salir adelante, sabiduría y salud para culminar esta etapa, me ha regalado la vida junto a mi familia para poder disfrutar de este triunfo. Porque, "Todo lo puedo, en Cristo que me fortalece".

MI MADRE

Por darme la vida, por ser una mujer fuerte y siempre buscando que junto a mis hermanos seamos hombres de bien, por su esfuerzo y sacrificios para que pudiéramos salir adelante, por cada uno de sus consejos, por creer en mí, por siempre alentarnos cuando pensamos que ya no podemos más y lo más importante, por su amor incondicional, hoy quiero decirle: "mamá lo hemos logrado, este triunfo es para usted".

MI PADRE

Porque a lo largo de mi vida a velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, es por usted también que soy lo que soy ahora, por su ejemplo de perseverancia, por su valor mostrado para salir adelante, por sus consejos y por su amor, gracias papá.

MIS HERMANOS

Deborah Rosales por ser ese ejemplo de una hermana mayor, por siempre estar al pendiente de mí, por tu apoyo y cariño. A mi hermano Helder Rosales, por siempre estar ahí, apoyándome en todo y en cualquier momento, por ser mi segundo padre (tata), gracias a los dos y siempre sigamos unidos como hasta ahora. Los quiero.

MIS ABUELOS

Carmen Juárez, José Rosales (Pepe) y Sofia Orellana, por darle la vida a mis padres y por siempre contar con sus bendiciones en cada momento, por siempre guillarme en el camino del bien, por inculcarme valores cristianos, por sus oraciones en todo momento. Ustedes son mi ejemplo más claro de perseverancia, esfuerzo y dedicación, este triunfo también es de ustedes. Los quiero mucho.

MIS SOBRINOS

Pablito, Sebas, Sofia y Fabián, para que vean en mi un ejemplo a seguir.

FAMILIARES

Tías, tíos, primos y primas, a los que aún estamos acá presentes y los que lamentablemente ya no están, pero sabemos que también están alegres celebrando este triunfo. Gracias a ustedes porque de una u otra manera me han apoyado para lograr esto, sé que cuento con ustedes y que siempre tendré un lugar a donde ir y sentirme como en casa.

YAQUELINE CAMACHO

Por su compañía y apoyo en este largo caminar, gracias por siempre estar ahí, por su ejemplo de valentía y esfuerzo ante la vida y lo mejor de todo gracias por darme el mejor regalo de la vida, (Valentina).

MIS AMIGOS

Quienes siempre han estado presentes y nos hemos apoyado mutuamente en nuestra formación profesional y cumplimiento de nuestros sueños, Goretti Pérez, Alejandra Pérez, Anayancy Meléndez, Madelyn Soto, Diana Calan, Barbara López, Brixia Payán, Edwin Xiquin, Carlos Chávez, Moisés Reyes, Kevin Valenzuela, Mario Carrera, Byron Catalán, Allan de la Cruz, Pablo Rodríguez, José Portillo. Gracias por su amistad y por compartir buenos y malos momentos, le doy gracias a

Dios por a ver encontrado en quien confiar y una verdadera y especial amistad.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

Por todas sus bendiciones, salud y sabiduría que me ha dado para lograr mis objetivos.

GUATEMALA

País de la eterna primavera, el cual nos ha abrigado y debemos devolver nuestro conocimiento por medio de técnicas y desarrollo, luchando por tener un mejor país cada día.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi casa de estudios, grande entre las del mundo, alma mater, fuente de conocimientos y sabiduría.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por haberme formado como profesional, brindándome los conocimientos necesarios del ámbito profesional del campo de la agronomía.

EMPRESA PALO BLANCO S.A.

Por haberme permitido realizar mi ejercicio profesional supervisado en la industria bananera y contribuir con mi formación academia, profesional y laboral, por permitirme poner en práctica mis conocimientos para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi supervisor y asesor, Ing. Agr. Fernando Bracamontes, por su asesoría para la realización de mi Ejercicio Profesional Supervisado y del presente trabajo, también por su amistad brindada, gracias.

Mi asesor, Ing. Agr. Guillermo Santos, por su amistad, asesoría y apoyo en el desarrollo de mi investigación, por sus conocimientos brindados y su gran experiencia en el campo como profesional, gracias.

Mi amigo y evaluador, Ing. Agr. Carlos Búcaro, por sus aportes en el mejoramiento de la presente investigación y por su apoyo, amistad y confianza brindada, gracias.

Ing. Agr. Waldemar Nufio, por su amistad brindada y apoyo en el mejoramiento del presente trabajo y mi formación como profesional, gracias.

Mi amigo, Ing. Agr. Oscar Gordillo por brindarme su amistad y apoyo durante mi ejercicio profesional supervisado, por su confianza brindada en mi persona y por creer en mi trabajo, por permitirme crecer como profesional y brindarme la oportunidad de aprender de sus valiosos conocimientos y ser un ejemplo como profesional y persona, muchas gracias.

Don Francis Bruderer, por brindarme la confianza y la oportunidad de concluir mi formación académica en la empresa Palo Blanco S.A., por darme la oportunidad de aprender de sus valiosos conocimientos de la industria bananera, muchas gracias.

José Méndez, por su apoyo, conocimientos y amistad brindada durante mi ejercicio profesional supervisado.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LAS ACTIVIDADES PRECOSECHA QUE INFLUYEN EN LA POSTCOSECHA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE BANANO (<i>Musa sp.</i>) EN FINCA SAN MIGUEL, EMPRESA PALO BLANCO S.A., LA GOMERA, ESCUINTLA.....	1
1.1. PRESENTACIÓN	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. MARCO TEÓRICO	3
1.3.1. Marco Referencial	3
1.3.1.1. Condiciones ambientales	3
1.3.1.2. Generalidades de las fincas, empresa Palo Blanco, S.A.	4
1.3.1.3. Ubicación	5
1.3.1.4. Descripción de infraestructura	6
1.3.2. Marco Conceptual	11
1.3.2.1. Fisiología del fruto en cosecha	11
1.3.2.2. Fisiología del fruto en postcosecha.....	11
1.3.2.3. Características de calidad del fruto.....	12
1.3.2.4. Buenas prácticas de manufactura	12
1.3.2.5. Normas de higiene	12
1.3.2.6. Prohibiciones en el área de trabajo	13
1.4. METODOLOGÍA	13
1.4.1. Recopilación de información primaria	13
1.4.1.1. Visita de campo a las áreas cultivadas	13
1.4.1.2. Visita de campo planta recibidora y empacadora.....	13
1.4.1.3. Entrevistas a personal administrativo.....	14
1.4.2. Recopilación de información existente	14
1.4.2.1. Archivos de finca San Miguel	14
1.5. RESULTADOS	15
1.5.1. Protección fruta	15

	Página
1.5.1.1. Embolse	15
1.5.1.2. Colocación de corbata	15
1.5.1.3. Colocación papel.....	15
1.5.1.4. Colocación de Faldilla	16
1.5.1.5. Soporte de racimo (pita).....	17
1.5.2. Definición del racimo	17
1.5.2.1. Desflore.....	17
1.5.2.2. Desmane.....	17
1.5.2.3. Despunte (desbellote o corte bellota).....	18
1.5.2.4. Deshoje.....	18
1.5.2.5. Identificación de fruta (cinta)	18
1.5.2.6. Calibración de fruta	19
1.5.3. Cosecha	19
1.5.3.1. Días a cosecha	19
1.5.3.2. Método de cosecha.....	19
1.5.3.5. Barridas.....	20
1.5.3.6. Lavado de fruta	21
1.5.3.7. Ciclos de cosecha	21
1.5.4. Proceso postcosecha	21
1.5.4.1. Selección fruta	21
1.5.4.2. Pesaje de fruta al ingreso a planta empacadora.....	22
1.5.4.3. Desmane.....	22
1.5.4.4. Lavado y saneo.....	23
1.5.4.5. Desleche y clasificación	23
1.5.4.6. Aspersión.....	23
1.5.4.7. Colocación de sello en fruta.....	24
1.5.4.8. Pesada.....	24
1.5.4.9. Empaque.....	24
1.5.4.10. Transporte.....	25
1.6. CONCLUSIONES	27

	Página
1.7. RECOMENDACIONES	27
1.8. GLOSARIO	28
1.8. BIBLIOGRAFÍA	30
CAPÍTULO II: ANÁLISIS GEO-REFERENCIADO DE LA RESPUESTA DEL PESO DE RACIMO DE BANANO (<i>Musa sp</i>) A LA APLICACIÓN DE POTASIO, EN LA FINCA SAN MIGUEL SUR, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.	31
2.1. PRESENTACIÓN	32
2.2. MARCO TEÓRICO	35
2.2.1. Marco Conceptual.....	35
2.2.1.1. Antecedentes del cultivo de banano.....	35
2.2.1.2. Caracterización del cultivo de banano.....	36
2.2.1.3. Características morfológicas del fruto	37
2.2.1.4. Características morfológicas que determinan la producción	39
2.2.1.5. Condiciones generales del cultivo	39
2.2.1.6. Suelos y topografía	40
2.2.1.7. Fertilización	41
2.2.1.8. Función del potasio en la producción de banano	44
2.2.1.9. Dinámica del potasio en el suelo.....	46
2.2.1.10. Ley del mínimo de Liebig.....	48
2.2.1.11. Agricultura de precisión	49
2.2.2. Marco Referencial.....	55
2.2.2.1. Ubicación geográfica.....	55
2.2.2.2. Colindancias finca San Miguel Sur.....	55
2.2.2.3. Condiciones ambientales finca San Miguel Sur	59
2.2.2.4. Agricultura de precisión en finca San Miguel.....	69
2.3. OBJETIVOS	69
2.3.1. Objetivo General.....	69
2.3.2. Objetivos Específicos.....	69
2.4. METODOLOGÍA	70
2.4.1. Selección de la finca	70

2.4.2.	Identificación de variables	74
2.4.3.	Muestreo de suelo para determinar cantidad de potasio (K) disponible.	74
2.4.3.1.	División de área de estudio.....	74
2.4.3.2.	Toma de muestras de suelo para análisis de potasio	75
2.4.3.3.	Muestreo de racimos para obtener su peso.....	75
2.4.3.4.	Identificación de racimos.....	78
2.4.3.5.	Registro de peso de racimos seleccionados.....	79
2.4.3.6.	Levantamiento de información	81
2.4.3.7.	Diseño de tabla de datos	81
2.4.3.8.	Análisis de la información	82
2.4.3.9.	Interpolación por distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en ingles)	82
2.4.3.10.	División de área de trabajo para análisis	83
2.4.3.11.	Selección de la muestra para análisis estadístico.....	83
2.4.3.12.	Obtención de mapas (ARCGIS® versión 10.3)	83
2.4.3.13.	Análisis estadístico de indicadores o variables	84
2.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	85
2.5.1.	Tabla de datos.....	85
2.5.2.	Interpolación de datos por el método de distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en ingles)	86
2.5.3.	Identificación de áreas críticas poco productivas	91
2.5.4.	Análisis estadístico	93
2.6.	CONCLUSIONES	99
2.7.	RECOMENDACIONES	100
2.8.	BIBLIOGRAFÍA	100
2.9.	ANEXOS	104
	CAPÍTULO III: INFORME DE PROYECTOS PROFESIONALES REALIZADOS EN LA FINCA SAN MIGUEL SUR I DE LA EMPRESA PALO BLANCO S.A., UBICADA EN LA GOMERA, ESCUINTLA.....	107
3.1.	PRESENTACIÓN.....	108
8.	BIBLIOGRAFÍA	120

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Límites de la Finca San Miguel Sur.	8
Figura 2.	Límites de la Finca San Miguel Norte.	9
Figura 3.	Límites de la finca Nueva Esperanza.	10
Figura 4.	Flujograma del proceso postcosecha del fruto de banano.	26
Figura 5.	Ciclo del potasio en el suelo.	46
Figura 6.	Ciclo de la agricultura de precisión.	51
Figura 7.	Componentes de un SIG.	54
Figura 8.	Mapa de las fincas pertenecientes a la empresa Palo Blanco S.A., La Gomera, Escuintla.	56
Figura 9.	Mapa del área finca San Miguel Sur, La Gomera, Escuintla.	57
Figura 10.	Mapa de las colindancias de la finca San Miguel Sur, La Gomera, Escuintla.	58
Figura 11.	Temperatura máxima y mínima, reporte por mes del 01/01/2016 al 31/01/2017.	61
Figura 12.	Temperatura promedio por mes, reporte del 01/01/2016 al 31/01/2017, estación San Antonio El Valle.	61
Figura 13.	Precipitación máxima y mínima promedio, reporte por mes del 01/01/2016 al 31/01/2017.	62
Figura 14.	Precipitación promedio por mes, reporte del 01/01/2016 al 31/01/2017, estación San Antonio El Valle.	62
Figura 15.	Humedad relativa en porcentaje, reporte por mes del 01/01/2016 al 31/01/2017.	63
Figura 16.	Humedad relativa promedio por mes, reporte del 01/01/2016 al 31/01/2017, estación San Antonio El Valle.	63
Figura 17.	Velocidad del viento (km/h), reporte por mes del 01/01/2016 al 31/01/2017.	64
Figura 18.	Velocidad del viento promedio por mes, reporte del 01/01/2016 al 31/01/2017, estación San Antonio El Valle.	64
Figura 19.	Mapa de clasificación de por series de los suelos de La Gomera, Escuintla.	65
Figura 20.	Mapa de la clasificación de suelos del municipio de La Gomera, Escuintla. Primera aproximación realizada por el MAGA.	68
Figura 21.	Mapa del área y distribución de parcelas a través de los cables y sus diferentes secciones de la finca San Miguel Sur.	71
Figura 22.	Mapa del área de la finca San Miguel Sur I. La cual cuenta con 151.07 hectáreas.	72
Figura 23.	Mapa del área seleccionada, cables del número uno al seis de izquierda a derecha.	73

	Página
Figura 24. Mapa del área de investigación dividida en ocho secciones a partir del mapa de texturas de la finca San Miguel Sur.....	76
Figura 25. Mapa de la distribución de puntos para la toma de submuestras de suelo.	77
Figura 26. Identificación de canastas, para toma de peso de racimo.	78
Figura 27. Báscula instalada en la empacadora de la finca, para tomar pesos de racimo.	79
Figura 28. Distribución de puntos para la toma de pesos de racimos.	80
Figura 29. Georreferenciación de los datos para su levantamiento de información con GPS GARMIN 64S.....	81
Figura 30. Esquema de la metodología llevada a cabo para el análisis Geo-referenciado de la relación entre peso racimo y potasio disponible en el suelo, en el cultivo de banano.....	85
Figura 31. Estructura de las tablas de datos con la información recabada en la finca bajo estudio.	86
Figura 32. Mapa de potasio disponible en los suelos del área bajo investigación.	88
Figura 33. Mapa de ubicación del sistema de bombeo de la finca San Miguel Sur.	89
Figura 34. Mapa de distribución de pesos de racimos que se presentan en el área de investigación.	90
Figura 35. Mapa de identificación de áreas productivas con bajo rendimiento.	92
Figura 36. Gráfico de dispersión del rendimiento de banano, en peso de racimo tomados en la etapa de cosecha.	94
Figura 37A. Capas de puntos de las variables, creadas a partir de la información recolectada en campo.....	104
Figura 38A. Interpolación y comportamiento espacial que sigue cada variable evaluada.	104
Figura 39A. Creación de polígonos con un tamaño de 30 m de ancho por 30 m de largo.....	105
Figura 40A. Selección aleatoria de valores de peso y cantidad de potasio en el software Excel®.....	105
Figura 41A. Creación de shape de puntos con información de potasio disponible en el suelo y pesos de racimos de 95 polígonos (muestra 10 %).	106

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Coordenadas de las tres fincas de la empresa Palo Blanco S.A. ubicadas en La Gomera, Escuintla.....	5
Cuadro 2. Dosis recomendadas de fertilización en banano según disponibilidad de nutrientes en el suelo.	45
Cuadro 3. Zonas de vida, La Gomera, Escuintla.....	67
Cuadro 4. Escala de pesos de racimo utilizada por la finca.	91

	Página
Cuadro 5. Análisis de regresión lineal (salidas) del Software InfoStat®.	93
Cuadro 6. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados.....	93
Cuadro 7. Análisis de regresión no lineal.	96
Cuadro 8. Modelos generados.	96
Cuadro 9. Utilización de modelo ajustado encontrado.	98

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado fue realizado en el período de agosto 2016 a mayo 2017 en la finca San Miguel, dedicada a la producción de banano perteneciente a la empresa Palo Blanco S.A., ubicada en el municipio de La Gomera, Escuintla.

El trabajo de graduación consta de tres capítulos: a) el diagnóstico de las actividades de pre cosecha a post cosecha en la producción del banano (*Musa sp.*), b) investigación: análisis geo-referenciado de la respuesta del peso de racimo de banano (*Musa sp.*) a la aplicación de potasio, en la finca San Miguel Sur, La Gomera, Escuintla y c) informe de los servicios realizados en la finca San Miguel Sur.

En el diagnóstico la recolección de información se basó en la observación de los procesos en campo, producción, bacardilla; en entrevistas a personal administrativo y de campo y en obtención de información de archivos existentes de la finca. Las actividades en pre cosecha y post cosecha de banano (*Musa sp.*) son importantes, con fin de exportar al mercado producto de alta calidad. Estas se dividen en cuatro grupos: protección fruta, definición del racimo, proceso de cosecha y proceso de post cosecha. Actividades con las cuales se obtiene un alto rendimiento y fruta de banano de alta calidad.

La investigación en la finca San Miguel Sur I, con el objetivo de analizar la variabilidad espacial y temporal de la producción de banano (*Musa sp.*) en función de las cantidades disponibles de potasio en el suelo y el peso de los racimos para identificar la relación existente entre estos, se realizó el levantamiento de la información en campo georreferenciándola a través de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), la información recolectada fue analizada espacial y temporalmente a través de la obtención de mapas por medio de un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS®) y se determinó la relación existente del peso y cantidades de potasio a través de InfoStat®. Se concluyó que la variabilidad espacial y temporal del rendimiento del cultivo de banano se encuentra relacionada a la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, en este caso se determinó que los rendimientos presentados por el peso de los racimos tienen una alta dependencia de las cantidades de potasio que se encuentren disponibles en el suelo.

En el tercer capítulo se presenta el informe del servicio, el cual fue elaborado con el fin de realizar una actualización, corrección y georreferenciación de la textura del suelo de la finca San Miguel Sur I. Se obtuvo la primera aproximación del área en porcentaje y cantidad de hectáreas. Obteniendo que el 52.01 % (78.55 ha) del área corresponde a suelos de textura franca, 43.85 % (66.22 ha) y 4.14 % (6.25 ha) arenosa. Presentando así la presencia de cada una de las clases texturales identificadas en la finca perteneciente a la empresa Palo Blanco S.A.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LAS ACTIVIDADES PRECOSECHA QUE INFLUYEN EN LA POSTCOSECHA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa sp.*) EN FINCA SAN MIGUEL, EMPRESA PALO BLANCO S.A., LA GOMERA, ESCUINTLA.

1.1. PRESENTACIÓN

Para identificar la problemática en cultivo de banano (*Musa sp.*) es de importancia identificar las fortalezas y debilidades del sistema del cultivo de la empresa Palo Blanco S.A.

La empresa Palo Blanco S.A., cuenta con tres fincas en el municipio de La Gomera, Escuintla, identificadas como: San Miguel Sur, San Miguel Norte y Nueva Esperanza. La finca San Miguel Sur se divide en: San Miguel Sur I y San Miguel Sur II. Dedicadas al cultivo de banano, siendo una fuente de empleo en la zona y en los alrededores como lo es en los municipios de La Gomera, Sipacate, La Democracia, Tiquisate del departamento de Escuintla, e incluso del municipio de Patulul del departamento de Suchitepéquez.

En la producción del banano (*Musa sp.*) se llevan a cabo los procesos de cosecha y postcosecha los cuales comprenden de un conjunto de técnicas, realizadas con el fin de obtener un producto que cumpla con los estándares de calidad aceptado por los clientes.

Se realizó el presente diagnóstico en la finca San Miguel con el fin de conocer el manejo de fruto de cosecha y postcosecha para obtener un producto de calidad y ser exportado específicamente a Estados Unidos.

Para recolectar información se observaron las actividades de campo en el área de producción y área de empaque (bacadilla), entrevistas a personal administrativo y de campo y análisis de información de archivos de la finca.

Con la información obtenida se describen las actividades que se llevan a cabo para la producción de banano: definición de racimo, protección fruta, cosecha y postcosecha y se plantean los servicios e investigación.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Describir las actividades que se llevan a cabo para la producción de banano (*Musa sp.*) en el proceso de cosecha y postcosecha, en la finca San Miguel, empresa Palo Blanco S.A., ubicada en La Gomera, Escuintla.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar y describir las actividades en el proceso de cosecha, utilizadas en la producción de banano.
2. Conocer las técnicas utilizadas para proteger la fruta y obtener un producto de calidad.
3. Conocer el proceso postcosecha al que es sometido el producto, para su limpieza y empaquetado.

1.3. MARCO TEÓRICO

1.3.1. Marco Referencial

1.3.1.1. Condiciones ambientales

A. Clima

El clima en el municipio de La Gomera es un clima lluvioso en temporada normal, a mediados de los meses de julio y agosto se presenta la canícula. La prolongación de lluvias la cual ocasiona inundaciones y el desbordamiento de ríos, como la sequía en áreas específicas son las principales amenazas. La temperatura promedio observada en el

municipio de La Gomera, es entre 28 °C a 39 °C. La precipitación pluvial en el municipio de La Gomera se encuentra en un promedio de precipitación anual de 1200 a 2000 mm (SEGEPLAN, 2010).

B. Suelos

Los suelos de la finca San Miguel Sur, pertenecen a los del litoral Pacífico, lo cuales tienen las características siguientes: suelos bien drenados, arenosos y correspondientes a los suelos de la serie Bucul (SEGEPLAN, 2010). En la figura 18 se presenta el mapa de clasificación de suelos pertenecientes a las fincas de la empresa Palo Blanco S.A., se encuentran clasificados en la misma serie de suelos. Los datos fueron obtenidos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

Pertenecen al orden Molisoles. Estos suelos presentan un horizonte con alto contenido de materia orgánica, superficie gruesa y oscura. Presentan más del 50 % de saturación de bases. Por sus características físicas y químicas son suelos bastante fértiles. Se encuentran comúnmente en superficies casi planas lo cual favorece su mecanización (MAGA, 2000).

En relación con el uso actual del suelo, con apoyo de la información cartográfica del Sistema de Información Geográfica de SEGEPLAN, el municipio de La Gomera se encuentra determinado por cultivos semiperennes 71.3 % (caña de azúcar); cultivos perennes 4.8 % (banano, plátano y palma africana), 12.5 % (pastos) y 2.7 % (granos básicos). (SEGEPLAN, 2010).

1.3.1.2. Generalidades de las fincas, empresa Palo Blanco S.A.

La empresa Palo Blanco S.A., cuenta con varias fincas, en los municipios de Tiquisate y La Gomera, Escuintla. En el municipio de Tiquisate cuentan con más de 2000 ha, destinadas a la producción de banano y plátano, como también en el mismo municipio existe un área pequeña para la producción de diferentes frutales (manzana, carambola,

aguacate). En La Gomera, la empresa cuenta con tres fincas; San Miguel Sur, San Miguel Norte y Nueva Esperanza, las cuales se dedican a la producción del cultivo de banano para exportación.

1.3.1.3. Ubicación

Las fincas San Miguel y Nueva Esperanza de la empresa Palo Blanco S.A., se encuentran ubicadas en el municipio de La Gomera, departamento de Escuintla, a 17 m s.n.m.

El municipio se encuentra ubicado al Sur del departamento de Escuintla, tiene una extensión territorial de 640 km² y se encuentra a una distancia de 57 km de la cabecera departamental de Escuintla y a 112 km de la ciudad capital. (SEGEPLAN, 2010).

El municipio de La Gomera tiene los siguientes límites y colindancias: al Norte con el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, al Sur con el municipio de Sipacate, al Oeste con el municipio de Nueva Concepción y al Este con los municipios de Puerto San José y Escuintla. (SEGEPLAN, 2010).

En el cuadro 1 se presentan el rango de las coordenadas de ubicación y altitud que se encuentran las fincas de la empresa Palo Blanco en el municipio de La Gomera.

Cuadro 1. Coordenadas de las tres fincas de la empresa Palo Blanco S.A. ubicadas en La Gomera, Escuintla

Finca	Latitud Norte		Longitud Oeste		m s.n.m.
SMS	14°01'40.56"	14°00'16.47"	91°12'27.37"	91°12'11.18"	15 a 19
SMN	14°01'49.35"	14°01'15.02"	91°13'37.23"	91°12'31.47"	17 a 20
NE	14°03'42.60"	14°02'37.98"	91°11'23.89"	91°10' 44.21"	23 a 24

(**SMS:** San Miguel Sur, **SMN:** San Miguel Norte, **NE:** Nueva Esperanza)

La Finca San Miguel Sur cuenta con un área total de 257.15 ha, la finca San Miguel Norte 188.57 ha y la finca Nueva Esperanza 234.3 ha. En las figuras siguientes (1,2 y 3) se presenta las áreas pertenecientes a cada finca.

1.3.1.4. Descripción de infraestructura

A. Cable vía de transporte para fruta

Los cables vía, son un sistema de transporte el cual permite el traslado de la fruta, desde la plantación a la empacadora (recibidora de fruta).

Estos conforman una red de cables, la cual está constituida por un cable principal y cables secundarios. Estos cables son instalados antes de establecer la plantación, diseño de drenajes y la instalación de la empacadora, los cables secundarios quedan perpendiculares a los drenajes de la plantación.

Los cables tienen una altura de 2.10 m a partir del suelo, esto para permitir un buen transporte de la fruta y paso de las caretillas o racimos de banano. Estos cables están sujetos a torres curvadas, de tubos galvanizados y se encuentran a cada 10 m.

El cable vía es de 7/16 pulgadas de diámetro, y están constituidos de acero de alta resistencia.

B. Empacadora

a. Área recibidora de fruta (patio)

La construcción del patio de frutas y empacadora en general cuenta con un techo de dos aguas con lámina y con columnas a base de hierro galvanizado. Este no tiene paredes laterales, ni frontales, solo con una pared en la parte de atrás.

El piso del patio o planta es fabricado de concreto sin pulir, el cual es más adecuado para soportar los trabajos que se realizan, es fácil para su limpieza y es de menor costo.

b. Área de lavado de fruta (pilas)

Las pilas o tanques se utilizan para realizar el lavado de la fruta de banano antes de ser empacado y transportado. Se cuentan con dos pilas una para realizar la actividad de desmane y lavado y la otra para realizar la actividad de saneo (desinfección de la fruta). Estas son de diferentes dimensiones, ya que esto se realiza según la capacidad de producción de cada finca.

Las pilas son construidas de concreto y estas están revestidas de piso (cerámica), esto para tener un mejor lavado y desinfección.

El lavado de la fruta y desinfección se realiza con el compuesto químico Laterox; en el mercado recibe varios nombres comerciales, los ingredientes activos son derivados del dodecibencensulfonato de sodio 27 %, Aditivos 6 % e Inertes 67 %.

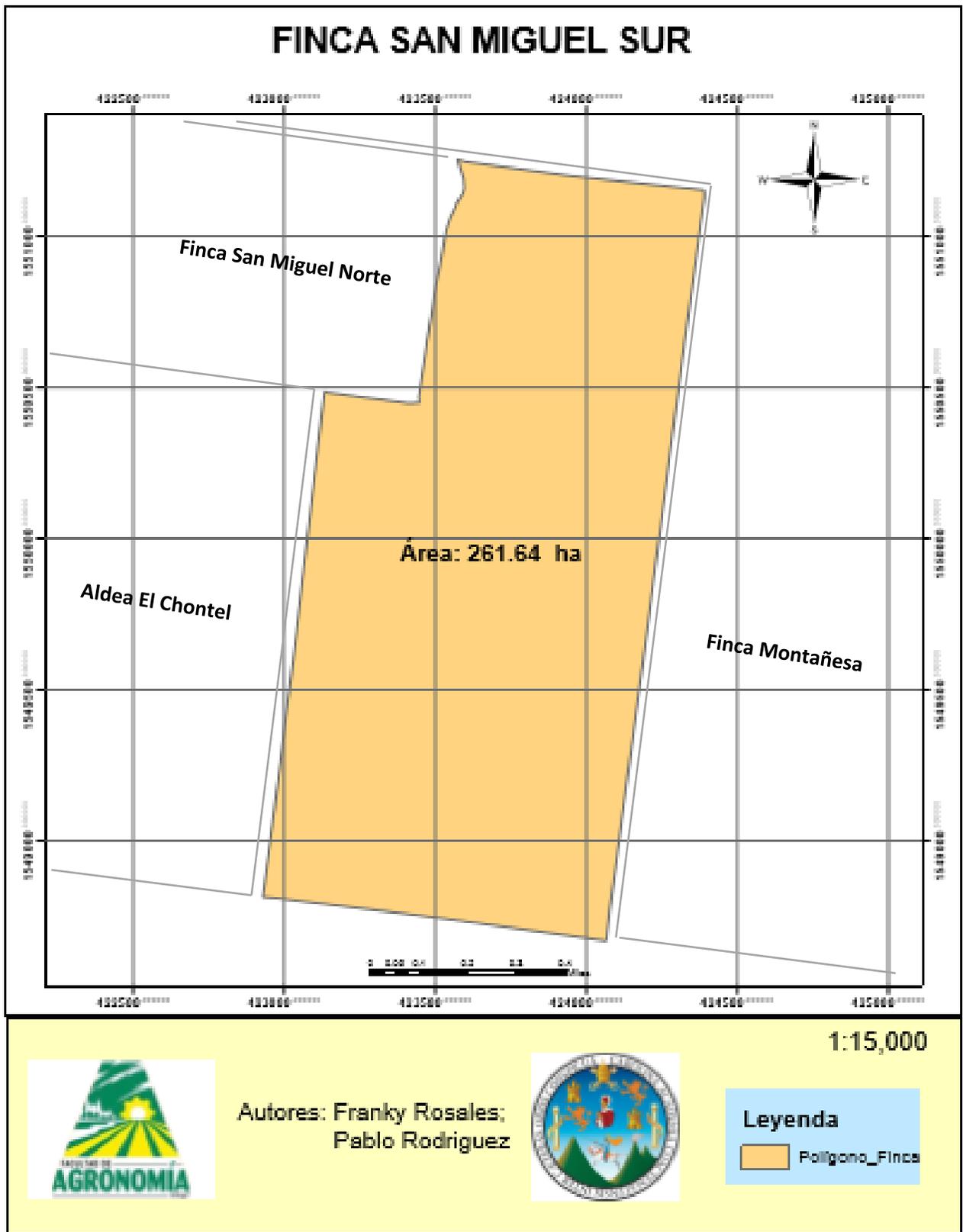


Figura 1. Límites de la Finca San Miguel Sur.

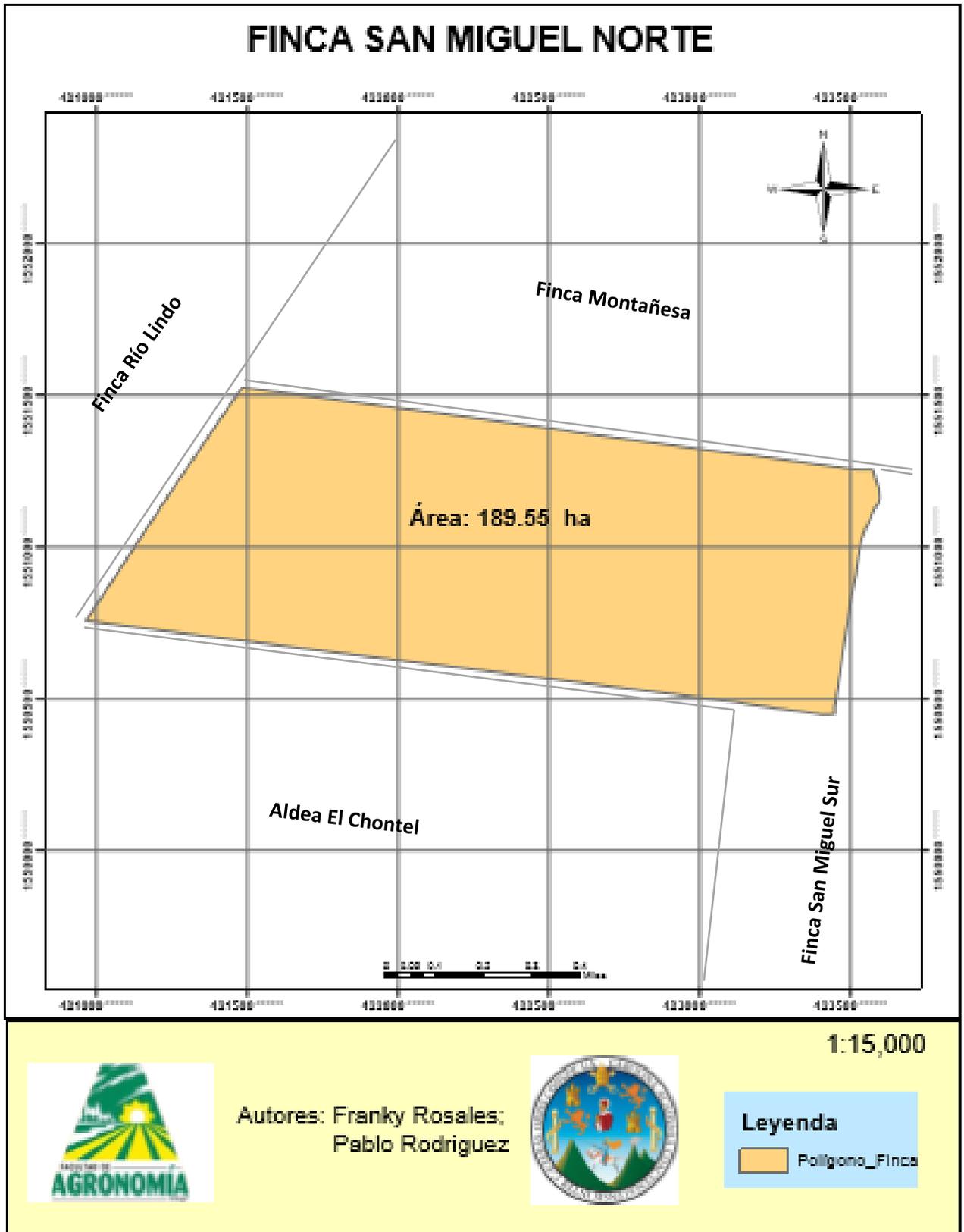


Figura 2. Límites de la Finca San Miguel Norte.

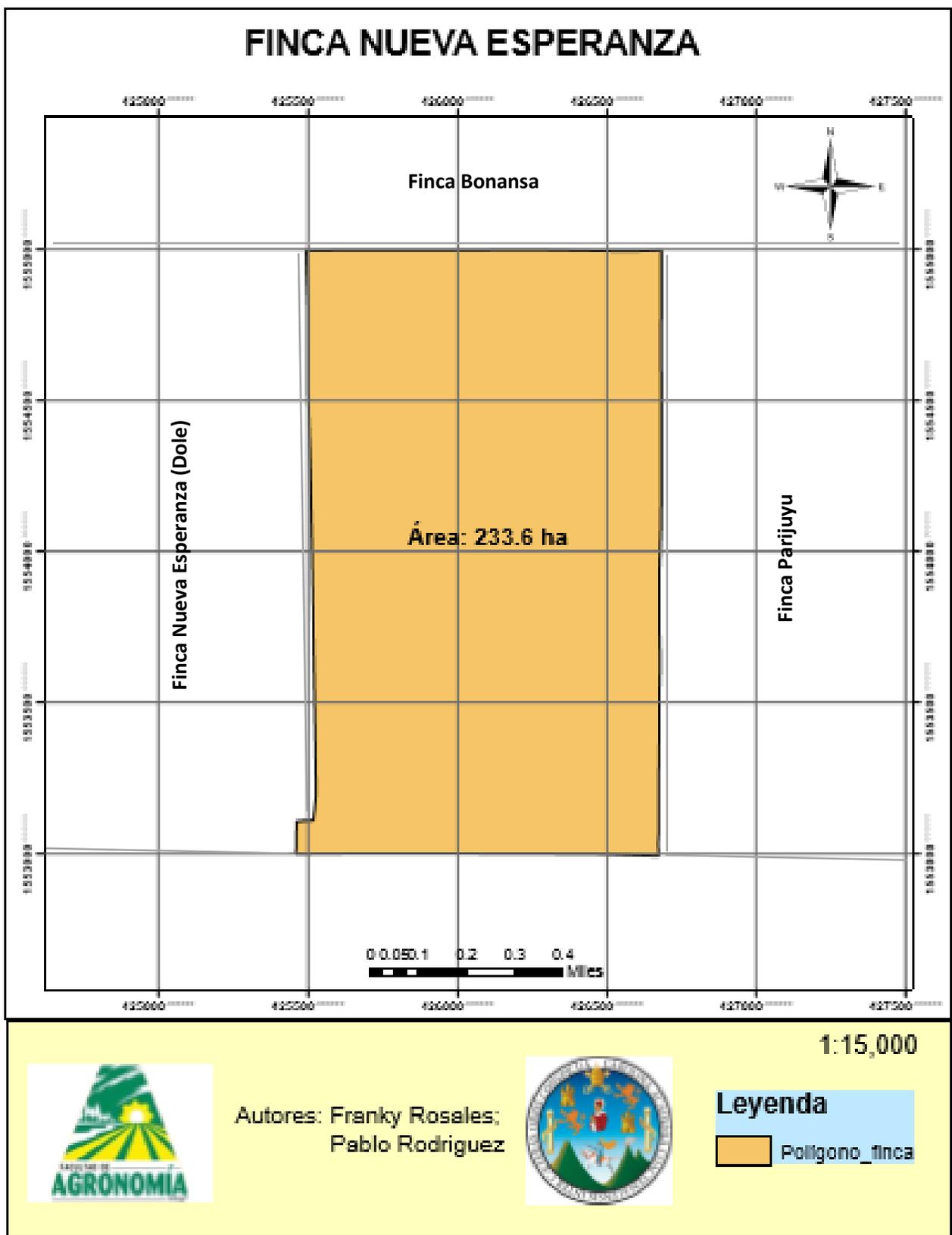


Figura 3. Límites de la finca Nueva Esperanza.

1.3.2. Marco Conceptual

1.3.2.1. Fisiología del fruto en cosecha

La fruta es cosechada cuando tiene una edad fisiológica de siete semanas, esto es realizado mediante calibraciones con un calibrador tipo Barnier, las cuales indican si la fruta ya cumple con el grado requerido en muchos este corresponde a grado 40 a 42, según el destino de su exportación. Al no tener en la séptima semana las características correspondientes puede ser cosechado en la octava y novena semana.

Otro de los indicios de que la fruta se encuentra en su punto de corte, es cuando los racimos presentan un buen desarrollo y las aristas del fruto casi hayan desaparecido, esto es debido a la división celular y posteriormente el desarrollo de las células, las cuales dan el tamaño final haciendo desaparecer las aristas del fruto.

1.3.2.2. Fisiología del fruto en postcosecha

El fruto de banano en el proceso de postcosecha tiene dos etapas fisiológicas: maduración y senescencia.

La maduración es un proceso que se caracteriza por una serie de transformaciones bioquímicas que generan cambios en el producto como lo es el sabor, color, aroma y consistencia de la fruta. Los procesos en la etapa de maduración son de síntesis como también de degradación. En el proceso de síntesis se incluye la transformación del etileno, aminoácidos, proteínas pigmentos y encimas. En la degradación se destaca la del almidón en azúcares (Agaton & Gutierrez, 2002).

Según Gonzales, L.F., en la fase de senescencia los procesos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dan paso a los procesos catabólicos (degradativos), lo cual conduce al envejecimiento del fruto y posteriormente a la muerte de los tejidos (Agaton & Gutierrez, 2002).

1.3.2.3. Características de calidad del fruto

El fruto del banano debe cumplir las normas para ser exportado: la fruta debe estar completamente limpia, libre de cualquier tipo de daño, tener poca curvatura y el grado adecuado (40 a 42) y longitud. La fruta para exportar se debe cortar cuando esta aun esta verde y ya desarrollado, se debe transportar bajo refrigeración y luego en los lugares de consumo es forzado a madurar (Agaton & Gutierrez, 2002).

La fruta madura debe presentar un color amarillo parejo y no debe presentar manchas, y un sabor característico.

1.3.2.4. Buenas prácticas de manufactura

Estas prácticas se realizan con el fin de reducir la presencia de contaminantes del producto, ya que el riesgo de contaminación después de la cosecha es alto. Esto debido a que en el manejo postcosecha el producto es manipulado por personal y la fruta queda expuesta a ataques de microorganismos, magulladuras y heridas. Por lo cual las buenas prácticas de manufactura son importantes para obtener un producto seguro para el consumo humano, las cuales se centralizan en la higiene y forma de manipulación durante el empaque, almacenamiento y transporte (Jaramillo Dávalos, Vaca, Gálvez Moreno, Morales, & Amancha, 2016).

1.3.2.5. Normas de higiene

- Lavarse las manos al ingresar a la empacadora, antes de comenzar a trabajar, de trabajar y después de ir al baño y/o estornudar.
- Desinfectarse el calzado antes de ingresar a la empacadora. (Pediluvio).
- Cubrirse cualquier corte o herida en la piel.
- No comer, fumar, beber, masticar chicle en el área de trabajo.
- Notificar al encargado cualquier infección o enfermedad que pudiera presentar el personal y evitar cualquier contacto con la fruta. (vómitos, ictericia, diarrea, etc.)

- Utilizar equipo de buenas prácticas de manufactura. (redecilla, gabacha, guantes, etc.)
- Utilizar ropa limpia todos los días.

1.3.2.6. Prohibiciones en el área de trabajo

- Uso de teléfono celular
- Uso de pulseras, cadenas, aretes, anillos, relojes y/o cualquier otra alhaja.
- Cuchillos o herramientas que no son del área.
- Alimentos, aguas gaseosas, jugos, etc.
- Mascotas, insectos, piedras, plástico o cualquier otro material que no sea del área de trabajo.
- Uñas largas, uñas pintadas, pintura de uñas, de labios y/o cualquier otro tipo de maquillaje.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Recopilación de información primaria

1.4.1.1. Visita de campo a las áreas cultivadas

Se realizó una visita a las áreas productivas de las diferentes fincas, observando las actividades en la producción de banano, se entrevistó a los trabajadores asignados a cada área, para obtener información sobre las actividades y la función de estas.

1.4.1.2. Visita de campo planta recibidora y empacadora

Mediante esta visita a la planta recibidora y empacadora de fruta, se observó y tomo nota del proceso postcosecha que se lleva a cabo para cumplir con las normas de exportación de la fruta.

1.4.1.3. Entrevistas a personal administrativo

Las personas entrevistadas fueron: gerente operativo de la empresa, supervisor de riegos y administradores de cada finca, con las cuales se obtuvo información sobre la administración de la finca y actividades bajo supervisión.

1.4.1.4. Entrevista a trabajadores

Esta actividad se realizó con los trabajadores de la finca, que están en campo y en contacto directo con el manejo del cultivo, esto con el fin de conocer las condiciones en que se lleva a cabo la producción de banano y el manejo que se le da a la fruta para obtener un buen racimo con características de calidad. Se tomó nota de las diferentes actividades que realizan y el objetivo de cada.

1.4.2. Recopilación de información existente

1.4.2.1. Archivos de finca San Miguel

La finca San Miguel cuenta con registros, de las producciones de años anteriores, los cuales son utilizados para obtener una aproximación de la productividad de las fincas, como también información relacionada al cultivo de banano, planes de manejo y canales de comercialización.

Se obtuvo información de las características de los suelos de las fincas, a través de mapas de texturas y análisis de suelos realizados con anterioridad.

El análisis de la información recolectada permitió conocer los diferentes problemas que se presentan en las fincas de la empresa Palo Blanco S.A., como también identificar las necesidades y oportunidades para mejorar la producción y desarrollo económico de las diferentes fincas.

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Protección fruta

1.5.1.1. Embolse

El embolse o enfunde de los racimos paridos semana a semana, se realiza con la finalidad de darle protección a la fruta y obtener un producto de buena calidad. El racimo por embolsar es seleccionado al presentar las brácteas de la inflorescencia abiertas quedando expuestos los glomérulos florales. La fruta se protege de las picaduras de los insectos (tortuguilla y trips), los cuales afectan la presentación y ya no son aceptados por las normas de calidad.

La actividad de embolse se realiza en las fincas donde el cultivo es tecnificado y es de exportación, el precio de venta compensa el costo de la bolsa. La bolsa utilizada es de agribon, la cual es una bolsa de tela no tejida, ultraligera de color blanco y resistente a la exposición del medio ambiente, esta permite el paso de agua, luz y aire.

1.5.1.2. Colocación de corbata

Las corbatas son cintas de polietileno en calibres de 4 a 5 milésimas, las cuales están impregnadas con insecticida clorpirifos, estas corbatas van dentro de la bolsa de protección. La colocación de la corbata se realiza al momento de realizar el embolse, esta actividad se realiza con el fin de proteger el racimo y los frutos contra el ataque de plagas de ingreso tardío (hormiga). Las corbatas son colocadas en la parte superior del racimo y al realizar el corte de la bellota (despunte o desbellote), se coloca una segunda corbata en la parte inferior.

1.5.1.3. Colocación papel

La colocación de papel en los racimos se realiza después del embolse, el objetivo de este es proteger al racimo contra la radiación solar, el cual provoca rechazos al momento de la

exportación debido a que causa la mancha de sol, el cual es la coloración amarilla o maduración solo de una parte del fruto (la que se encuentra expuesta directamente al sol. Se utiliza un papel de estraza (kraft), el papel es colocado en la parte opuesta del racimo que no da a la planta, esto debido a que la planta genera sombra al racimo desde su posición, el racimo solo queda expuesto en un 50 % a la radiación solar.

1.5.1.4. Colocación de Faldilla

La bolsa generalmente se fabrica de polietileno (0.08 mm de grueso, perforado cada 76 mm). Las perforaciones de la bolsa constituida por huecos que miden 12.7 mm cada 76 mm; 8 mm o 6 mm cada 10 cm; 3 mm o microperforaciones. La bolsa tiene 90 cm de diámetro y 155 cm de largo (Anne & Baena, 2016).

La colocación de la faldilla se realiza para proteger al racimo contra bajas temperaturas, plagas y el efecto de roce ejercido por las hojas, como también de productos químicos. La faldilla en conjunto con la bolsa (agribon) crea un microclima el cual mantiene la temperatura alrededor del racimo evitando el daño de este ocasionado por las bajas temperaturas. Según estudio por Carlos Fajardo en 1956, en un período de 24 horas, la temperatura llega a aumentar un promedio de 0.5 °C dentro de la bolsa, en horas más cálidas puede aumentar en 7 °C. Al ocurrir esto se forma dentro de la faldilla un microclima el cual puede reducir el intervalo comprendido desde la floración hasta la cosecha (entre 4 y 14 días, dependiendo del tipo de bolsa y de las condiciones ambientales), esto también aumenta el peso de los racimos (Anne & Baena, 2016).

Según Campbell y Williams 1976, Daniells et al. 1987, Lara 1970, a parte de estas funciones, la faldilla y la bolsa se utiliza para reducir los días a cosecha, debido a que se reduce la etapa entre la floración-cosecha, a la vez se aumenta la longitud y diámetro de los frutos, como el peso del racimo, lo cual ha provocado la faldilla y el embolse se utilice en las empresas bananeras. El color azul de la faldilla actúa como filtro del calor (Vargas & Valle, 2010).

En el caso de la finca San Miguel se utiliza el color azul, el cual ha demostrado en investigaciones anteriores que este permite la transmisión de calor, según Robinson, 2006 y al mismo tiempo reduce el daño por la quemadura de sol (Vargas & Valle, 2010).

1.5.1.5. Soporte de racimo (pita)

El soporte se realiza a través de un amarre el cual consiste en colocarle dos rafias al pedúnculo (pinzote) del racimo en la parte superior, estas van amarradas en forma de antena a el pseudotallo de dos plantas que estén opuestas, con la finalidad de que la planta con el racimo no tienda a inclinarse o llegar a colapsar por el peso del racimo,

1.5.2. Definición del racimo

1.5.2.1. Desflore

Esta actividad consiste en eliminar manualmente los vestigios florales de cada ápice de los frutos, normalmente esta actividad va acompañada del embolse. La actividad del desflore se realiza con el fin de evitar la enfermedad conocida como punta de cigarro, según Dávila 2005, esta enfermedad es una combinación de hongos, donde los agentes causales que la provocan son: *Verticillium theobromae*, *Fusarium sp.* y *Deigthoniella torulosa*. Esta enfermedad provoca daños al fruto, ya que al dejar las flores provocan pudrición.

1.5.2.2. Desmane

La práctica de desmane se realiza con el objetivo de incrementar el tamaño de los frutos de las manos y tengan un llenado mejor del fruto, esto para cumplir las calidades exigidas por el cliente. Las manos beneficiadas son las que quedan en la parte superior al desmane. Esta práctica consiste en eliminar la mano más pequeña (falsa) y dos, tres, cuatro o más manos siguientes. La cantidad de manos a eliminar depende de las

características del racimo y diámetro del pseudotallo de la planta. Por ejemplo, un pseudotallo con un grosor de 80 centímetros tendrá un racimo de 8 manos, una planta con diámetro del pseudotallo de 70 cm tendrá un racimo de 7 manos (Jaramillo C., 1982).

1.5.2.3. Despunte (desbellote o corte bellota)

Después de formadas todas las manos, se procede a eliminar la bellota o flor masculina. Esto con el objetivo de estimular la precocidad de maduración y mejor desarrollo del racimo y por lo tanto de frutos.

1.5.2.4. Deshoje

El deshoje es una práctica que se realiza para mejorar la calidad de los racimos, esto controlando plagas (gusano y picudos) y enfermedades (moko y sigatoka). Se eliminan las hojas dañadas, secas y hojas bajas (viejas) esto con el fin de favorecer la circulación del viento y la penetración de los rayos solares. Es realizado con la ayuda de una cuchilla adaptada a una varilla, para alcanzar las hojas dañadas y estas ser cortadas.

1.5.2.5. Identificación de fruta (cinta)

Esta labor consiste en marcar con cintas de diferentes colores, cada semana, conforme van las plantas recién paridas (7 a 14 días después de la aparición de la bellota). La identificación con cinta de colores se realiza con el fin de tener un inventario de la producción por los diferentes lotes en la finca, ya que esto permite pronosticar la cantidad de racimos o kilogramos de banano a cosechar. Esta actividad también nos permite saber que racimos cosechar al tener definido los días que se necesitan para un buen llenado de fruta. En las fincas de Palo Blanco S.A., específicamente en la finca San Miguel, se utilizan 10 colores para la identificación los cuales son: negro, rojo, gris, verde, morado, café, anaranjado, azul, blanco y amarillo. Las cuales son cosechadas a los 77 días después de ser colocadas.

1.5.2.6. Calibración de fruta

El fruto de banano se cosecha cuando este aún esta verde, el estado de desarrollo en el cual se cosecha se conoce con el nombre de Grado o Edad, esto es controlado a través de las calibraciones realizadas con un calibrador vernier. A medida que se va desarrollando la fruta, el grado va aumentando. Las calibraciones se realizan con respecto al color de las cintas colocadas. Para definir el grado de corte de la fruta, va a depender del país al que se exportara, dependiendo la distancia. En el caso de la finca San Miguel, el grado de corte de la fruta es de 40 a 41, el cual es medido a través de un calibrador. Cada unidad de grado equivale a 1/32 de pulgada.

Cuando el grado es mayor al rango anterior la fruta es rechazada por las normas de calidad y se denomina una fruta con sobregrado, y al contrario cuando la fruta no da el calibre se denomina una fruta de bajo grado, la cual es rechazada.

1.5.3. Cosecha

1.5.3.1. Días a cosecha

El control de los racimos a cosechar se lleva a través del color de las cintas, las cuales son colocadas semanalmente. Los racimos normalmente son cosechados a los 77 días después de que la planta madre haya estado en parición. En ocasiones los racimos pueden ser cosechados si en la calibración ya se encuentran de grado (40 a 41).

1.5.3.2. Método de cosecha

Existen dos métodos de cosecha o corte, esto según el tipo de transporte a la empacadora:

1.5.3.3. Por racimo

En este caso se transporta el racimo completo, el cual lo realiza la cuadrilla, un ayudante pica el pseudotallo a una altura determinada (aproximadamente 1.50 m), para que la planta se agobie y pueda cortar el racimo. Una vez cortado el racimo es transportado al cable vía. Al llegar al cable el racimo es lavado con agua a través de una manguera. Luego una persona (jalador) de la cuadrilla se encarga de transportar a la empacadora la carga la cual consta de 25 racimos. Cada una de las fincas de San Miguel cuenta con 3 o 4 cuadrillas, por caporal de cosecha, persona a cargo de estas.

1.5.3.4. Por manos

En este caso se transportan las manos separadas del raquis. Se procede de la misma manera, con la diferencia que al agobiar la planta se cortan las manos del racimo y son colocadas en las canastas que cuelgan del cable vía. Las manos son desinfectadas sumergiéndolas en una mezcla líquida de agua y Laterox, esto para remover el latex que contienen los frutos. Luego esta carga es transportada a la empacadora.

La canasta consta de tres niveles, en el primer nivel se colocan las manos apicales, en el segundo las manos medias y en la tercera las manos basales. Esta actividad se realiza con el objetivo de causar menos daño a la fruta y tener una mayor cantidad de producto a exportar y menor rechazo, pero debido al mayor cuidado de la fruta existe un menor rendimiento en el personal y no se cumplen con las metas diarias.

1.5.3.5. Barridas

Se le denomina barrida, a la acción de cosechar todos los racimos de un cierto color de cinta, esto debido a que estas ya tienen más de 77 días después de la parición. Estas cintas se dejan porque no dan grado.

1.5.3.6. Lavado de fruta

A parte del lavado que se le hace a la fruta en el momento de la cosecha por las cuadrillas, esta pasa por otro lavado el cual es automatizado, esto con el fin de eliminar contaminantes que pudieron adherirse a la fruta durante el recorrido por el cable vía hacia la empacadora. En los cables existen ciertas válvulas automatizadas que, al realizar el paso de fruta, estas se abren automáticamente y asperjan agua sobre la fruta. En la finca se cuenta con dos válvulas por finca.

1.5.3.7. Ciclos de cosecha

La cosecha en la finca San Miguel son realizados en tres ciclos. El primero y segundo ciclo se realiza tomando en cuenta la calibración de la fruta en campo, el tercer ciclo ya se realiza por medio de barrida.

1.5.4. Proceso postcosecha

1.5.4.1. Selección fruta

La selección de la fruta se realiza en patios diseñados específicamente para ello. La flor o residuos de esta no deben llegar al tanque de desmane, ya que son el mayor portador de hongos, estos son removidos en las bacardillas si no se desfloraron en el campo, para ello hay personas denominadas recibidoras de frutas quienes tienen esta función además calibran la fruta y marcan de acuerdo con las especificaciones (grado mínimo 40, máximo 50 y longitud mínima de los dedos 8.25 pulgadas de punta a punta).

Otra función de la recibidora de fruta es palpar la fruta y hacer pruebas de pulpa con cuchilla para asegurarse que no existe el riesgo de fruta blanda. Al palpar la fruta se busca que esta esté completamente dura y no presente partes blandas, ya que si presenta estas condiciones se considera como una fruta madura. Para determinar sí el grado de madurez seleccionado es el adecuado, se realiza un corte con cuchilla, en una mano seleccionada

se toma un dedo y realiza un corte en la parte superior de este, si este presenta un olor característico a pepino el banano cumple con la calidad de exportación y si se presenta un olor característico a melón indica que la fruta ya se encuentra en un proceso de maduración avanzado el cual no cumple con la calidad. La maduración provoca cambios importantes como el ablandamiento de la textura del fruto, el desarrollo de color y la síntesis de compuestos orgánicos los cuales constituyen el aroma y sabor característico de la fruta.

1.5.4.2. Pesaje de fruta al ingreso a planta empacadora

La fruta que se encuentra en el patio de selección es pesada al realizar el ingreso de esta a la planta empacadora, este pesaje se realiza a través de una báscula ubicada en el cable que conduce las cargas al área de desmane. Esta bascula se encuentra conectada a un Software el cual registra los pesos de cada racimo o canasta que ingresa en una computadora.

Para la obtención de datos más precisos se realizan calibraciones las cuales consisten en tarar el peso del pinzote del racimo y canasta utilizada para el transporte.

1.5.4.3. Desmane

El desmane se realiza con una cuchilla curva o cortador semicircular, efectuando un corte sin dejar otros, ni desgarres. En esta actividad se toma en cuenta mucho la habilidad del operador para hacerla eficiente. Luego de esto las manos son sumergidas en los tanques.

Existen tres tanques, en los cuales se depositan: manos basales, manos medias y manos apicales, respectivamente con el fin de empezar con la selección de las manos. En el tanque de desmane se coloca una marca para el llenado máximo evitando que por exceso pueda golpear la fruta. La marca la conforma una cinta, esta se encuentra colocada a 15 cm por encima del límite de llenado de la pila.

1.5.4.4. Lavado y saneo

El lavado se lleva a cabo en los tanques los cuales contienen agua, hipoclorito de cloro y aditivo removedor de latex (derivados del dodecilbencensulfonato 27 %, aditivos 6 % e inertes 67 %), con esto se logra remover la suciedad y el látex. Se debe sacar la mano o gajo colocado en el estanque y colocarse embrocada en la tabla, se debe medir, calibrar, lavar y sanear asegurándose de quitar todos los dedos malos y deformes. Posterior a esto se procede a realizar cortes de coronas, altas y planas de un solo corte. Colocar los gajos en el tanque de desleche teniendo el cuidado de colocar la fruta tomando en cuenta que la corona tenga posición hacia abajo.

1.5.4.5. Desleche y clasificación

En el tanque de desleche las manos deben permanecer quince minutos, para garantizar que se elimine el látex y no llegue hasta la caja de empaque. En esta área se procede a clasificar la fruta, ya que la fruta que llega con daños, bajo grado o longitud no adecuada, problemas de mancha de madurez o daños por plagas, son colocados en dos bandas. La primera banda llega a el área de empaque, el cual consiste en llenar cajas de plástico y son colocadas en un camión y luego comercializado en los supermercados (Walmart). La segunda banda va directamente a un camión de rechazo el cual se dirige al mercado central de mayoreo (CENMA).

En el área de clasificación se utilizan bandejas o charolas limpias protegidas con una esponja formada de etileno y acetato de vinilo (fomi). Al sacar la fruta de los tanques se debe revisar antes de colocarla en la bandeja, se debe hacer una distribución de grande, mediana y pequeña. Luego la bandeja es empujada hacia la cámara de desinfección.

1.5.4.6. Aspersión

La aspersión se realiza en una cámara la cual cuenta con boquillas, en la cual se aplica a las coronas Azoxystrobin Metil (Banquit) el cual funciona como sellador para prevenir

enfermedades y Sulfato Aluminico (Alumbre) el cual funciona como anti madurante. La solución se realiza con 1890 g de Alumbre y 150 cm³ de Banquit en 50 gl de agua.

1.5.4.7. Colocación de sello en fruta

En el área de sellado se debe seguir un orden de izquierda a derecha, cuando se trabaja con sellos de promoción, primero se coloca el sello de Dole y luego el de la promoción. Estos deben de ser bien colocados ya que a través de esto se realiza la trazabilidad del producto.

1.5.4.8. Pesada

El pesado en bandejas debe trabajarse efectuando los cambios necesarios para ajustar el peso requerido por caja, el peso adecuado por caja es de 51.5 lb. Teniendo el cuidado de mantener la distribución en la caja que es muy importante en el empaque.

1.5.4.9. Empaque

En el área de empaque se sigue el siguiente patrón:

- La línea uno está compuesta de fruta en su mayoría de manos apicales (fruta pequeña) teniendo en cuenta de que esta quede compacta.
- Línea dos consta de fruta de manos apicales y medias (frutos pequeños y medianos) con el cuidado de no montar las coronas sobre las puntas de la línea uno.
- La línea tres está compuesta por manos grandes y curvos los cuales en su mayoría son frutos de las manos basales.
- La línea cuatro está compuesta por fruta larga y rectos, trabajando con la apariencia de la caja.

Se coloca un plástico, traslapando la tercera línea y cubriendo la cuarta línea, esto con el fin de evitar la quema por caja. La caja se está compuesta por 8 tapas corrugadas y paredes de cartón. El empaque se realiza en cajas de cartón corrugado la cual ya tiene especificaciones y dimensiones convenientes, establecidas según el peso a empacarse.

El tapado de las cajas se coloca con el cuidado de que coincidan los orificios de ventilación del fondo y la tapa. Luego se procede a identificar las cajas según la compañía exportadora, cada productor tiene un número el cual se utiliza como código para su identificación en los puertos de embarque y de destino, esto con fines de inspección sobre la calidad de la fruta empacada.

1.5.4.10. Transporte

Antes de que la fruta sea colocada en el transporte, las empresas que son clientes de la finca colocan un evaluador por empacadora. La función de este evaluador es revisar tres cajas por paleta para verificar si la fruta cumple con las normas de calidad para ser exportada, las cuales consiste en que la fruta vaya libre de daños (plagas, golpes con instrumentos), fruta con el grado adecuado y fruta blanda (muy madura). Si esto no se cumple en una caja se verifican cinco cajas, si se encuentra otra que no cumple las normas, la paleta compuesta por 48 cajas es rechazada completamente. La cual afecta a la finca ya que significan pérdidas económicas.

El transporte de las cajas de banano se realiza en paletas ingresadas en contenedores cerrados para evitar la entrada de polvo o agua, los cuales deben cumplir con las condiciones siguientes: temperatura entre 13.3 y 14.4 °C, 5 % de dióxido de carbono (CO²) y de 2 a 5 % de oxígeno (O²). Las paletas están conformadas con 48 cajas y un contenedor contiene 20 paletas. En la figura 4, se presenta el flujograma del proceso postcosecha de la fruta de banano.

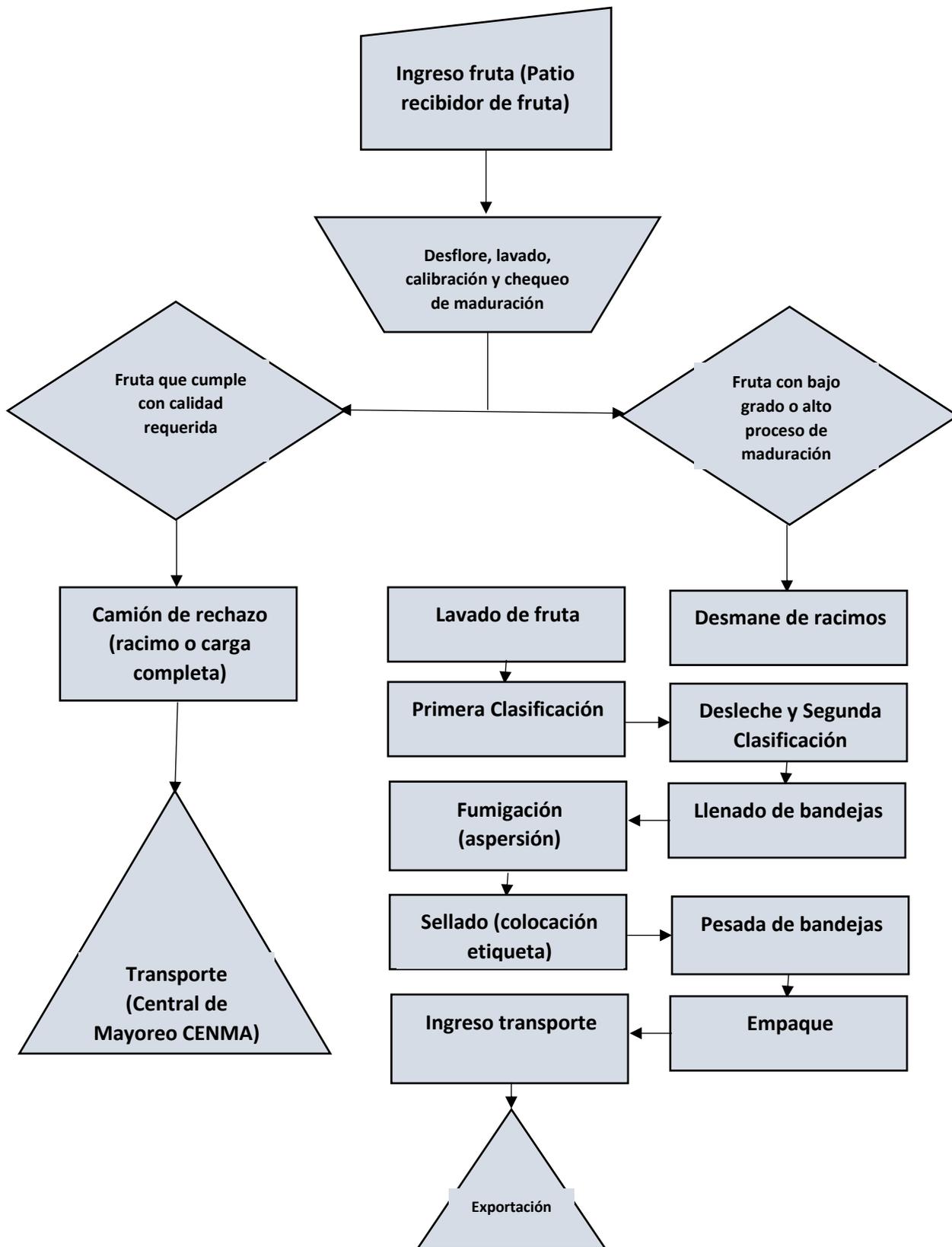


Figura 4. Flujograma del proceso postcosecha del fruto de banano.

1.6. CONCLUSIONES

1. Las actividades utilizadas en la cosecha y postcosecha en el cultivo de banano (*Musa sp.*) son de suma importancia, ya que, con fines de exportación, el mercado exige alta calidad del producto. De estos procedimientos depende el éxito de la empresa en la obtención de productos de alta calidad.
2. La protección de fruta es un proceso que garantiza la calidad de este, la comprenden las técnicas de embolse, colocación de corbatilla, colocación de papel colocación de faldilla y por último el soporte de pita. Con esto se está protegiendo la fruta de plagas (hormiga, trips), de daños físicos (mancha de sol) y colapso de la planta por peso del racimo.
3. El fruto de banano pasa por un proceso de postcosecha el cual garantiza la inocuidad del producto, este comprende las actividades como lo es: selección fruta, desmane cuando la cosecha es por racimo, lavado y saneo, desleche y clasificación, aspersión por cámara de desinfección, colocación de sello, pesaje, empaque de fruta y por último evaluación de calidad por parte del cliente Dole o Del monte.

1.7. RECOMENDACIONES

1. En la cámara de aspersión utilizada en la empacadora se deben realizar las calibraciones correspondientes al momento de cambiar las boquillas utilizadas, como lo es en casos de emergencia y utilización de otro tipo de boquilla. Esto con el fin de obtener siempre exactas las dosificaciones recomendadas para cada producto y la realización de una fumigación uniforme.
2. Las calibraciones de canasta y obtención de la tara promedio de esta es realizada en periodos muy largos. Para tener mejor control de los pesos de fruta por racimo, que van siendo cosechados de las diferentes áreas productivas, se deben definir periodos cortos, tomar en cuenta factores como la lluvia en los cuales por el

material contenido en la canasta esta tiende a aumentar su peso, y así, obtener la tara de esta con mayor precisión. Al mismo tiempo obtener mejor control de la producción en general y llevar una mejor información.

3. En el área donde se encuentra la báscula para pesar los racimos cosechados debe estar libre, las cargas con fruta deben pasar por esta lentamente y sin nada que altere su peso. Ya que personal de campo y empacadora trabajan en esta área y los pesos de racimos son afectados debido a la agregación de peso sobre estos por parte del personal. Esto altera la información recolectada.

1.8. GLOSARIO

1.8.1. Parición: Se le llama parición así cuando en el extremo apical del tallo verdadero se desarrolla la inflorescencia y engrosa hasta aparecer en la parte superior del mismo. La inflorescencia es originada a partir de una yema vegetativa del tallo.

1.8.2. Raquis o pinzote: este es el tallo de la inflorescencia, el cual está conformado desde el primer fruto hasta la yema masculina. El pinzote puede estar cubierto con brácteas o desnudo. Las cicatrices que este presenta indican el lugar donde estaban unidas las brácteas.

1.8.3. Bellota: se le llama así al conjunto de brácteas que cubre las flores masculinas de la planta.

1.8.4. Desbellote: es llamado así el proceso de eliminación del eje masculino o bellota, el cual no es capaz de producir fruto. El efecto se manifiesta en un mejor llenado del fruto, como también en la disminución del peso el cual favorece la inclinación de la

planta. El desbellote debe realizarse a dos o tres espacios (nudos) debajo de la última mano.

1.8.5. Racimo: es denominado así al conjunto de frutos que aparecen a lo largo del raquis o pinzote. El racimo está conformado por manos.

1.8.6. Mano: Se le llama así a un agrupamiento de frutos o dedos, el cual puede ser de 12 a 20 frutos. En un racimo se pueden encontrar de 10 a 12 manos.

1.8.7. Gajo: es un conjunto de 4 dedos o frutos, este se elabora por medios de cortes en las manos. Se realiza con el fin de colocar la fruta en la caja y tener un mejor empaquetado y transporte.

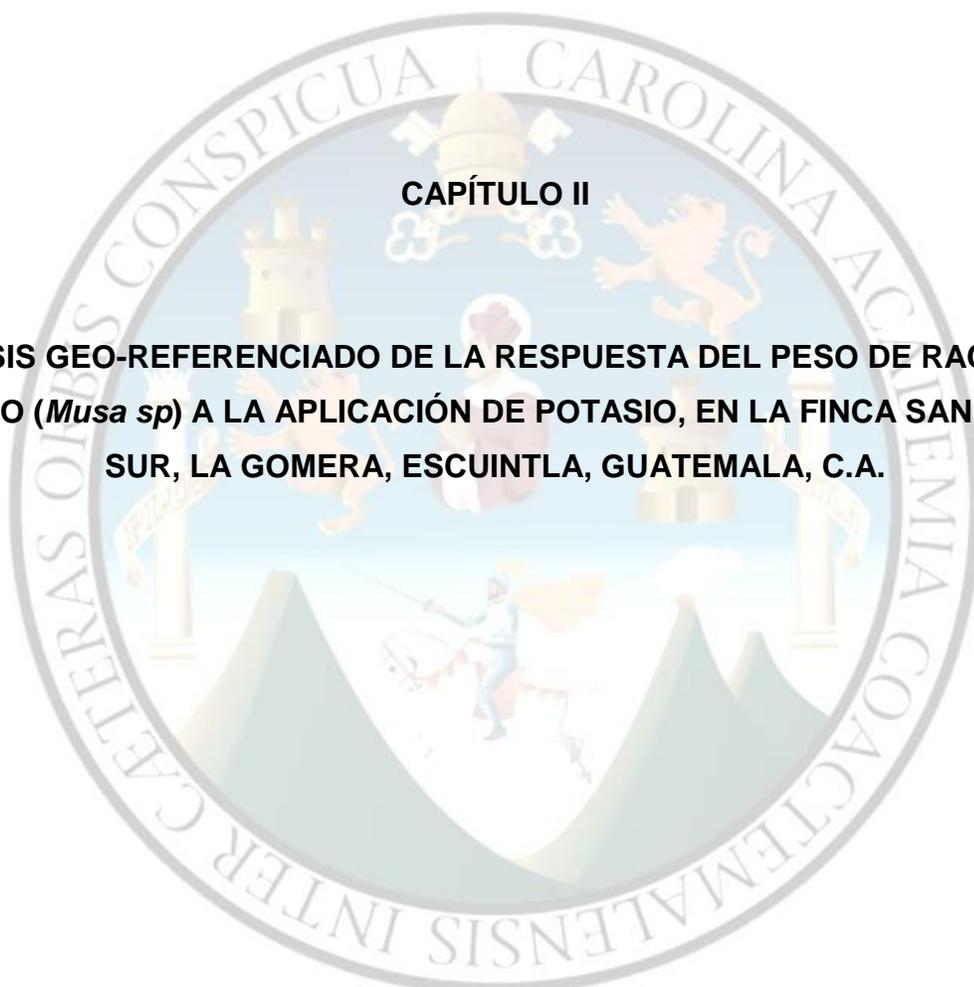
1.8.8. Dedo: se les denomina dedo a los frutos individuales.

1.8.9. Corte corona: el corte de corona es el que se realiza en el área de empaque, es llamado así debido a que el corte realizado se realiza en la parte llamada corona o gajo, el cual tiene un grupo de dedos (una mano).

1.8.10 Bacadilla: es el área a la cual llega toda la fruta cosechada en campo. Esto con el fin de garantizar que la fruta que se asignada para exportación sea la ideal, cumpla con la calidad y sea empacada correctamente.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agaton, L. L., & Gutierrez, L. F. (Julio de 2002). *Determinacion del tiempo para cosecha y comportamiento fisiológico poscosecha del banano variedad "Gross Michael"*. Recuperado el 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1010/1/libardoleonagaton.2002.pdf>
2. Anne, V., & B. M. (13 de Septiembre de 2016). *ProMusa*. Obtenido de <http://www.promusa.org/Embolsado#footnote3>
3. B. K., D., & J. E., O. (s.f.). *Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos*. Guías técnicas Inibap .
4. Davila, M. H. (2005). *Evaluación de dos alternativas agroclturales y dos productos quimicos, para reducir las pérdidas provocadas por los hongos (Verticillium theobromae (Turconi) E.W. Mason & S.J.Hughes, Fusarium sp. y Deighthoniella torulosa (Syd) Ellis.) Cultivo platano*. Guatemala.
5. Óscar Alejandro, B. D. (2003). Guía para post cosecha y mercadeo de productos agrícolas. *Ciencia y Tecnología* , 118(36).
6. SEGEPLAN. (2010). *Plan de Desarrollo La Gomera, Escuintla* . Guatemala .
7. Vargas, A., & Valle, H. &. (Enero de 2010). *Efecto del color y de la densidad del polietileno de fundas para cubrir el racimo sobre dimensiones, presentación y calidad poscosecha de frutos de banano y plátano*. Obtenido de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000200012

The seal of the Academia Coactemalensis Carolina is a circular emblem. It features a central shield with a landscape scene: a person on a horse in the foreground, a building in the middle ground, and a mountain range in the background. Above the shield is a crest with a crown and a lion. The shield is flanked by two columns. The Latin motto "CETERAS OIBES CONSPICUA" is on the left and "ACADEMIA COACTEMALENSIS" is on the right, both following the curve of the seal's border. The name "CAROLINA" is at the top.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS GEO-REFERENCIADO DE LA RESPUESTA DEL PESO DE RACIMO DE BANANO (*Musa sp*) A LA APLICACIÓN DE POTASIO, EN LA FINCA SAN MIGUEL SUR, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

2.1. PRESENTACIÓN

Entre los productos con mayor demanda en el mercado internacional se encuentra el fruto de banano, con U.S. \$ 657.8 millones (6,1 % del total de exportaciones), (de Estrada, 2014). Guatemala se mantiene como el principal exportador de banano de la región de Centroamérica, con 2.410.110 T, colocadas en el exterior en el periodo entre enero y noviembre de 2015 (BANGUAT, 2016).

El cultivo de banano en Guatemala es una de las principales fuentes de desarrollo en la economía y empleo del país, ocupando el segundo lugar de productos agrícolas exportados después de la caña de azúcar. La producción de banano ha ido en aumento durante el último periodo (2016 a 2017) por lo cual es de suma importancia generar conocimientos sobre el manejo y aplicación de diferentes tecnologías que reduzcan y eficienten los recursos para la producción de este. Actualmente la fruta de banano es exportada al país de Estados Unidos, quien exige varios estándares de calidad. Para obtener un producto con estas características es necesario considerar la disponibilidad de varios factores que influyen en la producción de banano.

En el cultivo de banano se ha empezado con la búsqueda de alternativas para hacer eficientes los recursos, entre estas la agricultura de precisión que permite optimizar los recursos.

En la finca San Miguel Sur se busca establecer las áreas de producción y las diferencias que existen entre estas, para nuestro caso las características químicas del suelo dadas por las cantidades de potasio y su relación con los pesos de racimo como característica morfológica para exportar.

La fertilización en el cultivo de banano es una de las principales actividades y donde se utilizan mayor cantidad de recursos, los cuales tienen un gran impacto en costos y ambiente. La planta de banano para obtener un buen desarrollo y llenado de fruta de calidad necesita de una cantidad de nutrientes. Los niveles críticos de los nutrientes en el suelo se encuentran definidos, esto a través de varios estudios realizados. En la nutrición de las plantas de banano cuando se encuentra en los estadios tempranos de desarrollo, la aportación de potasio es importante, ya que este influye en el rendimiento. La alta tasa de

remoción de potasio en la fruta del banano requiere de un buen suplemento aun cuando el suelo tenga niveles que podrían considerarse altos (Figueroa, 2016).

En la finca San Miguel Sur se realizó un análisis geo-referenciado, con el objetivo de definir si en la nutrición de la planta, las cantidades disponibles de potasio influyen en la característica morfológica; peso del racimo. Esto con la finalidad de optimizar el uso de los recursos como lo son los fertilizantes y disminuir el impacto de estos tanto económico y ambiental, como lo es mano de obra, cantidad de fertilizante, entre otros.

Las herramientas de agricultura de precisión nacen como respuesta a la necesidad de tener un mejor conocimiento y organización de un producto y todo el proceso. En la finca San Miguel la aplicación de paquetes tecnológicos es realizada sin considerar la variación espacial que existe en las diferentes áreas de producción. En estas áreas se presentan varios factores los cuales influyen en el rendimiento, uno de ellos es la fertilidad del suelo, el manejo homogéneo empleado limita su aprovechamiento y lo hace poco eficiente.

El manejo de la nutrición de las plantas en la finca San Miguel Sur, se realiza de una forma homogénea, no tomando en cuenta las características del suelo y las condiciones de estos, las cuales varían en áreas pequeñas, un ejemplo de ello es la textura del suelo. La textura del suelo influye en la retención de nutrientes y disponibilidad de ellos hacia la planta, por lo tanto, al realizar un manejo homogéneo de la nutrición en toda el área de la finca y no considerar las diferentes características, se obtienen áreas con diferentes cantidades disponibles de nutrientes, entre estos el potasio, el cual es el elemento requerido en mayores cantidades para obtener un buen desarrollo y llenado de la fruta, afectando directamente la producción.

La evaluación de las cantidades de potasio disponibles y relacionarlo con el peso obtenido por racimo de las áreas productivas de la finca San Miguel Sur, ayudaran a realizar un análisis y al mismo tiempo identificar los niveles de producción que se presentan. Se identificaron áreas de bajo rendimiento con pesos de 48 a 60 lb y cantidades de potasio disponible de 1 a 1.3 meq/100g de suelo. El mejor peso en la finca se obtiene con una cantidad de potasio disponible en el suelo de 1.31 a 1.59 meq/100g de suelo, a mayores cantidades los pesos son decrecientes. Esto nos demuestra a través de la ecuación

encontrada que existe una relación entre el peso del racimo a la cantidad de potasio que se encuentre disponible para la planta en el suelo.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco Conceptual

2.2.1.1. Antecedentes del cultivo de banano

El cultivo de banano fue introducido desde los inicios de siglo XVI en América, por la diversidad climática que la zona tropical ofrece, el cultivo de banano se constituyó en uno de los productos agrícolas de mayor impacto, tanto en aporte económico como en la generación de empleo.

Para el año 1953 la compañía United Fruit Company llegó a manejar alrededor de 230 mil 379 ha de tierra en ambas costas, de las cuales solamente tenía cultivadas 21 mil 289 ha, en las que el 42 % de sus cultivos eran de banano y el resto de otros cultivos como: palma africana, abacá, plátano, bambú, hule, etc. Se presentaron altibajos en la producción debido a la falta de tecnificación y la competencia que otros países de Latinoamérica ofrecían en los mercados internacionales. En la época de los 70, la producción bananera había pasado ya por varias alzas y bajas en el mercado internacional de acuerdo con diversas situaciones, entre ellas las dos guerras mundiales (INTECAP, 2011).

A todos estos procesos se agregaron otros efectos sobre la producción bananera como los fenómenos naturales que afectaron plantaciones disminuyendo la producción del país. Entre los fenómenos naturales que mayor impacto negativo tuvieron en la década de los 90 sobre la producción bananera, se destaca el huracán Mitch en octubre de 1998 afectando especialmente a Guatemala (INTECAP, 2011).

Según la FAO, la producción de banano corresponde aproximadamente al 12 % del total de frutas cultivadas en el mundo. Para el año 2003, la superficie cultivada de banano en el mundo era de alrededor de 4,494,686 ha (ANACAFE, 2004).

2.2.1.2. Caracterización del cultivo de banano

El banano se considera proveniente de las regiones tropicales y húmedas de Asia. Las características de la planta de banano son según la variedad de esta. Las plantas pueden alcanzar una altura de 3 a 7 m, constituyendo una planta herbácea perenne gigante. Las características más importantes de la planta de banano son:

A. Pseudotallo

El pseudotallo de la planta de banano está formado por los peciolos de las hojas curvadas y comprimidas, dispuestas en espiral que desde el centro van formándose nuevas hojas, las cuales al extenderse al mismo tiempo comprimen las bases de las hojas viejas al exterior. Las hojas nuevas se desarrollan y pueden alcanzar una longitud de 2 m o más, 60 cm de ancho o más y una nervadura central la cual divide a la hoja en dos laminas (ANACAFE, 2004).

B. Tallo

El tallo de la planta de banano está constituido por un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, de este se forman numerosas raíces, cortas y cilíndricas. El rizoma desarrolla varias yemas de las cuales se generan hijuelos, los cuales al dejarlos desarrollar estos constituirán nuevas plantas, estas se desarrollan una vez que la planta madre ha florecido y fructificado. Los rizomas son utilizados para formar nuevas plantaciones (ANACAFE, 2004).

C. Inflorescencia y racimo

La inflorescencia de banano está compuesta por un eje floral (raquis), el cual lo conforman dos partes: flores femeninas y masculinas y una parte terminal llamada bellota (Jaramillo C., 1982).

El botón floral aparece a los 10 meses después de la siembra, este se desarrolla entre el cilindro formado por sus hojas, su largo pedúnculo se arquea completamente. Es empujada desde el suelo hacia arriba por el alargamiento del tallo, hasta que esta emerge por arriba del pseudotallo. El botón floral está formado por flores masculinas y femeninas, en las cuales no hay fecundación, el fruto se forma por ensanchamiento del ovario. Un botón floral puede constar de 400 o más flores. Las flores están dispuestas en grupos de 6 a 20, son conocidos o denominados también como manos, en un racimo se pueden formar hasta 10 manos. Conforme se desarrolla el fruto las flores se curvan hacia arriba (ANACAFE, 2004).

El desarrollo de las manos se va efectuando según el orden de su diferenciación, de las más viejas a las más jóvenes, los primeros grupos de manos son compuestos de flores femeninas y estas forman el racimo (Jaramillo C., 1982).

Según la variedad un racimo puede constar de 100 a 400 frutos, los cuales pueden llegar a obtener una longitud de 8 a 20 cm y un peso de 1 a 4 oz. Los racimos están listos para ser cosechados cuando el fruto está bien desarrollado, este tarda un tiempo de 80 a 180 días (ANACAFE, 2004).

2.2.1.3. Características morfológicas del fruto

A. Diámetro y longitud de los dedos

El desarrollo de los dedos no es uniforme y constante en la formación de los frutos. Según Lassourdiere y Maubert citado por Jaramillo C. 1982, en el desarrollo del fruto se determinaron tres fases. La primera fase los dedos tienen un crecimiento rápido en longitud y en diámetro, 4 mm/día en el alargamiento y 0.3 mm/día en diámetro. Esta fase

parece primordial ya que se da un lapso de actividad de división celular el cual puede ser clave para el desarrollo definitivo del racimo (Jaramillo C., 1982)

La segunda fase comprende un crecimiento más débil, el cual en el diámetro este sigue una función lineal de los 30 a los 82 días y en la longitud de los 30 a los 90 días. En esta subfase se da un aumento en el volumen de las células, lo cual se ve en el engrosamiento del diámetro (Jaramillo C., 1982).

En la tercera fase se da el relleno rápido de los dedos, no hay crecimiento en longitud hasta la cosecha (Jaramillo C., 1982).

La duración y las diferentes características presentadas en estas subfases fisiológicas pueden cambiar probablemente según los factores que se presenten, tales como la nutrición y condiciones climáticas (Jaramillo C., 1982).

B. Peso de los racimos

Conforme el tiempo el peso de racimo se ha ido recolectando por medio de muestreos al azar, pesando cada racimo del muestreo. Existiendo desde un control manual hasta el control efectuado por medio de computadoras, para darle un mejor uso a la información (Jaramillo C., 1982)

En la actualidad se realizan operaciones de corte de una o más manos, tres semanas después de la emisión de la inflorescencia. Se cree que con esto se obtendrá un peso más elevado y una fruta de mejor calidad (Jaramillo C., 1982).

Según Hasselbach e Idoe citado por Jaramillo C. 1982, “la pérdida en peso del racimo debido a la remoción de algunas partes no es proporcional al tamaño de tales partes”, sin embargo, es de esperar que el racimo gane algo de tal operación (Jaramillo C., 1982).

Según Meyer en Guadalupe citado por Jaramillo C. 1982, determino que “el desmane ya sea de la mano falsa o una de dos de las ultimas manos, se incrementa el peso total de exportación, pero una proporción importante de rechazo se debe a las ultimas manos, las cuales se eliminan por no alcanzar la longitud mínima de exportación” (Jaramillo C., 1982).

2.2.1.4. Características morfológicas que determinan la producción

Los altos rendimientos dependen del vigor de las plantas durante todo el desarrollo. Hay varios factores que influyen en el desarrollo de la planta entre los cuales se encuentran: la temperatura, el nivel nutricional, humedad y duración del día. La producción del fruto de banano está relacionada directamente con el peso del racimo y con la densidad de población (número de plantas por unidad de área); e inversamente con el tiempo requerido para la formación de los frutos (Figueroa & Lupi, 2016).

El tamaño del racimo de una planta de banano está relacionado al número de manos, número de dedos (bananos) por mano y por el tamaño de cada dedo o fruta (Figueroa & Lupi, 2016).

El peso del racimo como el tamaño de la planta se ha relacionada con la cantidad o número de hojas que tiene una planta y tamaño de estas. Cuando en la etapa de floración hay de 10 a 12 hojas funcionales con un adecuado contenido de nitrógeno se obtienen las mayores producciones. En las épocas lluviosa se alcanzan los pesos más altos de racimo, donde los días son más cortos (Figueroa & Lupi, 2016).

2.2.1.5. Condiciones generales del cultivo

A. Altitud

El cultivo de banano se desarrolla en condiciones óptimas en las regiones tropicales, las cuales son húmedas y cálidas. Las plantaciones con fines comerciales se desarrollan a alturas entre 0 y 1,000 m s.n.m., (ANACAFE, 2004).

B. Latitud

Las mejores condiciones para el cultivo de banano se dan en los 15° Latitud Norte y 15° Latitud Sur (ANACAFE, 2004).

C. Temperatura

El cultivo de banano requiere de temperaturas relativamente altas, entre los 21 y 30 °C. Puede soportar una temperatura mínima de 15.6 °C y una temperatura máxima de 37.8 °C. A temperaturas mayores o menores que las anteriores, se causan deterioros y lentitud de desarrollo y daños en la fruta (ANACAFE, 2004).

D. Pluviosidad

Es recomendable suministrar de 100 a 180 mm de agua por mes, o una precipitación de 2,000 mm promedio anual, para cumplir con los requerimientos de agua para el cultivo (ANACAFE, 2004).

E. Luminosidad

Para obtener una cosecha económica rentable, se considera que se requieren 1,500 horas luz por año, un promedio de 4 horas luz por día. Esta dependerá de la altitud, latitud, nubosidad y cobertura vegetal (ANACAFE, 2004).

F. Vientos

Una velocidad alta (100 km/h), destruye las plantaciones, derribando las plantas, este se considera uno de los principales factores climáticos que influye en la producción de las plantaciones bananeras (ANACAFE), 2004).

2.2.1.6. Suelos y topografía

Los suelos con características de texturas que van de franca, franca arenosa y ligeramente arcillosa, profundidades que tienen un rango de 0 a 1.20 m, una cantidad de

iones de hidrogeno (Ph) de 5.5 a 8, son los óptimos para un alto desarrollo del cultivo de banano. Los rendimientos pueden disminuir en suelos con una alta concentración de arcilla o una capa pedregosa. Por lo cual se pueden presentar problemas con el drenaje (ANACAFE, 2004). La topografía del terreno debe ser plana, pendientes no mayores al 2 %, las cuales deben presentar un buen drenaje natural y un contenido de materia orgánica mayor del 2 % (ANACAFE, 2004).

2.2.1.7. Fertilización

A. Requerimiento de nutrientes del cultivo de banano

El rendimiento potencial del banano está estrechamente relacionado con la fertilidad del suelo, cuando no existen limitantes nutricionales el rendimiento potencial es relacionado con la disponibilidad de agua y la densidad de plantación. Estudios realizados demostraron que una aportación de nitrógeno (N) y potasio (K) en plantaciones densas con suelos irrigados y naturalmente provistos de los elementos magnesio (Mg), calcio (Ca) y fosforo (P), los rendimientos alcanzan 100 T/ha/año (Figueroa & Lupi, 2016).

El banano es uno de los cultivos que extrae más nutrientes por hectárea comercialmente importantes en el mundo. En una plantación con rendimiento promedio se cosechan alrededor de 50 T/ha/año, y en una plantación de alto rendimiento pueden llegar a cosecharse 70 a 100 T/ha/año de fruta o más. Por lo cual si se trata de una plantación de alto rendimiento hay una mayor concentración de elementos minerales en el racimo, se podría concluir que en una hectárea de alto rendimiento se pueden remover a través de la fruta 400 kg de potasio, 125 kg de nitrógeno y 15 kg de fosforo. Por este motivo es importante la reposición de estos elementos a través de un buen programa de fertilización para mantener la productividad del cultivo (López & Espinosa, 1995).

Se ha documentado que se pueden lograr altos rendimientos y una mejor calidad del fruto de banano siempre que se tenga una fertilización equilibrada. La aplicación y elección del tipo de fertilizantes a utilizar como también la dosificación de estos, depende del área o región agroclimáticas donde se encuentre el cultivo. Otro factor del cual va a depender la

fertilización es de la variedad que se utilice (Jaramillo Dávalos, Vaca, Gálvez Moreno, Morales, & Amancha, 2016).

Es necesario determinar el estado de fertilidad de un lote, esto se puede realizar a través de análisis de suelos, el cual nos sirve para tener un conocimiento de los nutrientes minerales que se encuentran presentes en el suelo y su grado de disponibilidad para la planta o cultivo. El análisis foliar es otra herramienta para establecer el estado nutricional (Jaramillo Dávalos, Vaca, Gálvez Moreno, Morales, & Amancha, 2016).

El cultivo demanda una cantidad diferente de nutrientes según la etapa fenológica, en la etapa vegetativa el nitrógeno, magnesio, fósforo, calcio, azufre y zinc son nutrientes importantes para un buen desarrollo de raíces, transporte de nutrientes y desarrollo del sistema fotosintético. Según Soto citado por Escobar Pardo 2015, en la etapa reproductiva el nitrógeno, magnesio y azufre son los elementos necesarios para lograr un buen desarrollo del sistema foliar en el interior del pseudotallo y del sistema foliar que ya ha emergido. En esta etapa se da el crecimiento del verdadero tallo y posteriormente la emergencia de la inflorescencia. Según Julien citado por Escobar Pardo 2015, en la etapa productiva el nitrógeno, calcio, fosforo, zinc y boro es importante en la planta para inducir la multiplicación celular (Escobar Pardo, 2015).

a. Necesidades de nitrógeno en el cultivo de banano

Las cantidades de nitrógeno requeridas por el cultivo de banano son muy altas por lo cual para obtener altos rendimientos se necesita suplir los requerimientos de nitrógeno en forma de fertilizantes minerales. Alrededor del mundo indican que según las condiciones del suelo y climáticas se utilizan dosis de nitrógeno entre 100 kg/ha/año y 600 kg/ha/año, “En la mayoría de las zonas bananeras de América Latina se utilizan dosis de alrededor de 300 kg/ha/año de nitrógeno (López & Espinosa, 1995).

b. Necesidades de potasio en el cultivo de banano

El cultivo de banano remueve grandes cantidades de potasio por medio del racimo, debido a esto es uno de los nutrientes de mayor importancia y requiere de una buena fertilización potásica, a pesar de que los niveles en el suelo sean altos. Debido a lo anterior se han realizado varias investigaciones sobre los requerimientos de potasio en el cultivo de banano. En los países productores de banano los requerimientos del cultivo de potasio se encuentran entre 80 a 1000 kg/ha/año. Los resultados más sobresalientes y cercanos al país de Guatemala fueron los obtenidos en Costa Rica, donde según Garita (1980), en “una dosis de 750 kg/ha/año se observó la mayor producción como respuesta a la aplicación de este elemento” (López & Espinosa, 1995).

c. Necesidades de fósforo en el cultivo de banano

En producciones altas del cultivo de banano se remueven alrededor de 15 kg/ha/año de fósforo, esto se considera una cantidad baja si se compara con la remoción de nitrógeno y potasio. Alrededor del mundo en las plantaciones de banano se aplican dosis menores a 300 kg/ha/año de fósforo, por lo cual se dice que no se requieren cantidades altas de fósforo en los programas de aplicación. Según López & Espinosa (1995), las investigaciones realizadas en Costa Rica no se encontraron respuestas en suelos de origen volcánicos en el rendimiento a la aplicación de diferentes dosis del elemento fósforo donde se aplicaron dosis de hasta 400 kg/ha/año (López & Espinosa, 1995).

B. Dosis usuales de fertilización

La nutrición en las plantas de banano en los estadios tempranos de desarrollo, la aportación de potasio (K) es muy importante ya que este determinará el rendimiento de los frutos (Figueroa & Lupi, 2016).

La alta tasa de remoción del potasio (K) en la fruta del banano requiere de un buen suplemento aun cuando el suelo tenga niveles que podrían considerarse altos (Figueroa & Lupi, 2016).

Según Figueroa & Lupi (2016), “Estudios realizados en 19 países productores de banana permitieron conocer que las dosis de fertilizantes recomendadas alcanzarían a 211 kg N/ha/año, 35 kg P/ha/año y 323 kg K/ha/año. Se sugiere que, para lograr máximos rendimientos, se deberían duplicar estas dosis.” (Figueroa & Lupi, 2016).

Esta alta demanda de potasio (K) va asociada a variaciones de áreas con respuestas y recomendaciones variables y específicas, por lo cual existen ciertas recomendaciones, en estudios realizados, se recomiendan desde un mínimo de 500 kg/ha de potasio soluble (K_2O) cuando el nivel de este nutriente en el suelo se encuentra alrededor de 0.5 meq/100 g, trabajos realizados en Costa Rica demostraron que la mejor respuesta económica se consigue con dosis entre 600 y 675 kg de K_2O /ha/año, estas aun en suelos con alto contenido de potasio (K) (Figueroa & Lupi, 2016).

En el caso del nitrógeno (N), en la producción de banano alrededor del mundo se utilizan dosis entre 100 a 600 kg N/ha/año, esto dependiendo de las condiciones de suelo y las condiciones climáticas de la zona. En la mayor parte de las zonas bananeras de América Latina se utilizan dosis de alrededor de 300 kg N/ha/año.

En el cuadro 2 se sugieren las dosis para distintas categorías de análisis de suelos. Para la interpretación de los valores de cationes se recomienda combinar los factores cantidad e intensidad, es decir los datos en unidades de carga catiónica (1 meq/100 g = 1 cmolc/kg) y % de saturación respecto del total (Figueroa & Lupi, 2016).

2.2.1.8. Función del potasio en la producción de banano

El fruto de banano tiene un alto contenido de vitaminas y minerales, pero es conocido por su alto contenido de potasio (370 mg/100 g de pulpa). López y Espinosa, indican que el elemento más importante en la nutrición del cultivo de banano es el potasio (K). Esto debido a que es el nutriente más abundante en la planta y en la fruta, al mismo tiempo él que requiere en mayores cantidades (López & Espinosa, 1995). En la finca San Miguel es uno de los elementos más aportados a los suelos, y por lo tanto él insumo de mayor costo para la finca.

Cuadro 2. Dosis recomendadas de fertilización en banano según disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Nutriente	Nivel de la disponibilidad en el suelo		
	Bajo	Medio	Alto
Nitrógeno	Variable según productividad		
kg N/ha/año		350 a 400	
Fósforo (ppm)	Menor que 10	10 a 20	Mayor que 20
kg P₂O₅/ha/año	100	50	0
Potasio (cmolc/ kg)	Menor que 0.2	0.2 a 0.5	Mayor que 0.5
% de saturación con potasio	Menor que 5	5 a 10	Mayor que 10
kg K₂O/ha/año	700	600	500
Magnesio (cmolc/kg)	Menor que 1	1 a 3	Mayor que 3
% de saturación con Mg	Menor que 10	10 a 20	Mayor que 20
kg MgO/ha/año	200	100	0
Calcio (cmolc/kg)	Menor que 3	3 a 6	Mayor que 6
% de saturación con calcio	Menor que 50	50 a 70	Mayor que 70
kg CaO/ha/año	1200	600	0

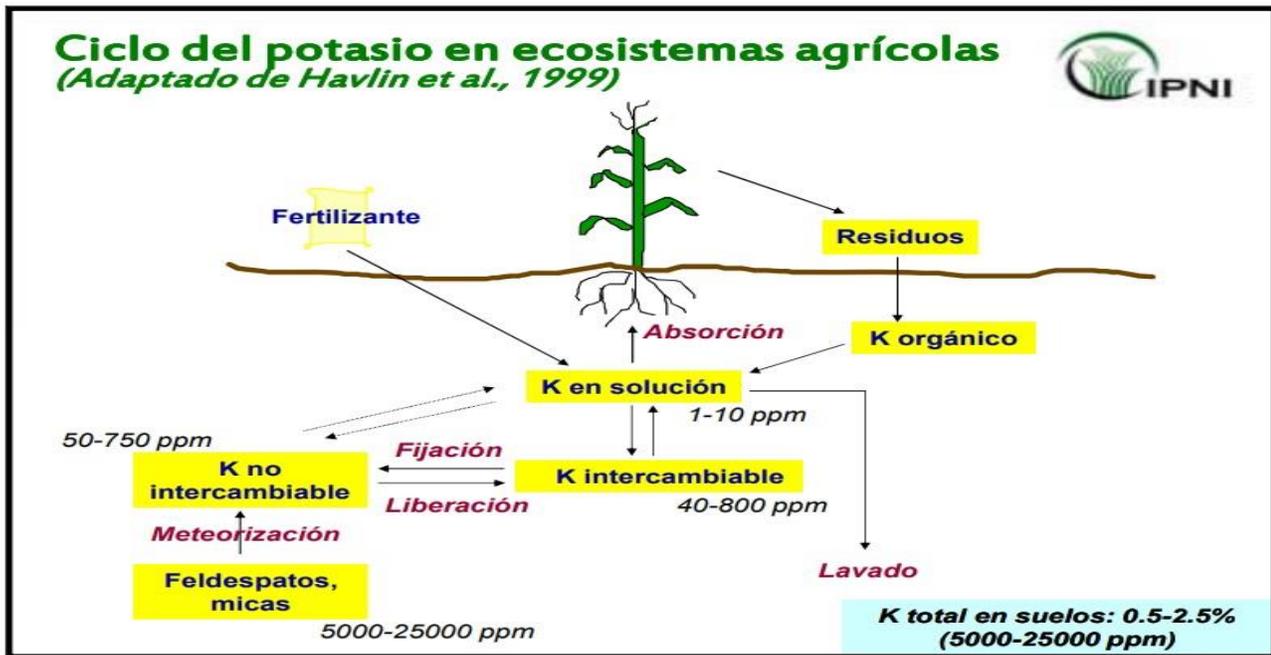
Fuente: López y Espinosa, 2000.

El potasio es absorbido por la planta en forma de ion, en las células de la planta de banano el catión (K⁺) es el más abundante, este es de importancia ya que cataliza los procesos de la respiración, fotosíntesis, formación de clorofila y regulación del contenido de agua en las hojas. El potasio es importante en el transporte de fotoasimilados al fruto, dándose así mismo el transporte de los carbohidratos, el cual es el proceso que permite el llenado de la fruta y por lo tanto determinante en el rendimiento (López & Espinosa, 1995).

El potasio es removido del campo en cantidades muy altas, esto a través del potasio absorbido por la planta y extraído del campo por medio de los racimos cosechados, según López y Espinosa se estima que las pérdidas por remoción en la fruta pueden ser de 400 kg de K/ha/año, en producciones que alcanzan las 70 T de fruta. Por lo tanto, el banano necesita de un buen suplemento de potasio (López & Espinosa, 1995), aún en áreas de suelos con altos niveles de este elemento como lo es en la finca San Miguel Sur.

2.2.1.9. Dinámica del potasio en el suelo

La dinámica del potasio en el suelo ya sea que provenga de la solubilización de los minerales, materia orgánica o fertilizantes aplicados se da a través de cuatro procesos: liberación, absorción, lixiviación y fijación. En la figura 5, se presenta el ciclo del potasio en un ecosistema agrícola.



Fuente: IPNI, adaptado de Havlin, 1999

Figura 5. Ciclo del potasio en el suelo.

A. Liberación de potasio

Se da este proceso al momento que el potasio no intercambiable pasa a una forma intercambiable, esto a través de la liberación por medio de procesos de meteorización de los minerales que contienen potasio. Según Thompson y Troech citado por Vidal Martínez

(2003), “El ion K es un catión tan grande como el oxígeno que penetra justamente en los huecos hexagonales de los arreglos tetraédricos”. Por lo cual cuando se da la meteorización se desprende la estructura de un feldespato potásico y se libera el elemento potasio (Vidal Martínez , 2003).

B. Absorción por las plantas

La absorción del potasio por medio de la planta es de una forma proporcional al contenido de potasio intercambiable en el suelo, se da una absorción intensiva de potasio en la primera fase vegetativa provocando una acumulación en los tejidos. En el cultivo de banano la absorción de potasio se estabiliza después de que se emite el racimo (Vidal Martínez , 2003).

C. Lixiviación

El proceso de lixiviación es la pérdida de potasio a capas inferiores en el perfil del suelo donde ya no es posible la absorción por las plantas. La lixiviación se presenta principalmente en suelos arenosos altamente permeables y en regiones lluviosas (Vidal Martínez , 2003).

D. Fijación de potasio

La fijación de potasio es un proceso que consiste en el paso de los iones K^+ de la solución del suelo hacia el interior de las estructuras cristalinas minerales, el factor más importante en la fijación es el mineral arcilloso. Una alta concentración de potasio aplicada al suelo presentara una mayor fijación de este elemento, esto puede ocurrir cuando se presentan aplicaciones muy altas de fertilizantes. El potasio que es fijado que, inmovilizado o almacenado, el cual se va liberando lentamente según el mineral en el que se encuentre. Según Thompson y Troech citado por Vidal Martínez (2003), mencionan que cuando

existe fijación de potasio la CIC del suelo se reduce en una magnitud equivalente porque los iones de potasio son retenidos fuertemente (Vidal Martínez , 2003).

E. Erosión

En este proceso existe pérdida del elemento potasio debido a que las pérdidas de suelo por medio de erosión conllevan a la pérdida de potasio por el mismo proceso (Vidal Martínez , 2003).

2.2.1.10. Ley del mínimo de Liebig

Esta ley nos indica que el rendimiento de los diferentes cultivos va a estar regulado por un factor el cual será el más limitante, también nos dice que el rendimiento puede incrementar únicamente corrigiendo el factor limitante. Al realizar la corrección de la limitación el rendimiento pasa a ser regulado por el siguiente factor limitante. Este procedimiento va incrementando los rendimientos escalonadamente hasta que no exista un factor limitante (Bertsch, 1998).

El crecimiento de vegetales está determinado por el elemento que tenga una concentración inferior por debajo del cual el crecimiento se detiene. Este concepto se aplicó originalmente al crecimiento de plantas y cultivos, se determinó que el aumento de un nutriente no hacía aumentar el crecimiento de las plantas. Sólo mediante el aumento de la cantidad del nutriente más escaso se podía aumentar el crecimiento de una planta o cultivo. Este principio se resume en "la disponibilidad del nutriente más abundante en el suelo es como la disponibilidad del nutriente menos abundante en el suelo" (Bertsch, 1998).

2.2.1.11. Agricultura de precisión

A. Historia

La agricultura de precisión surgió en el país de Argentina en el año 1995 de la mano del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), en conjunto con el apoyo de empresas privadas como D&E, Tecnocampo, Agrometal y otros. La agricultura de precisión se concibió desde el país de EE. UU. como un círculo que se retroalimenta, donde el único objetivo culminaba con dosis variable de insumos. Ya que la idea era el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad natural o inducida en un área (Iker Ezcara y Borda, 2012).

Hace aproximadamente 20 años se lograron aplicaciones a través del sistema GPS (Global Positioning System) en la agricultura, esto con el fin de obtener la posición mediante coordenadas y la producción en cada uno de esos puntos. Con el conocimiento de estos datos, se generaron y representaron los primeros mapas de rendimiento, comenzando a llamar la utilización de estos "Agricultura de Precisión" (Iker Ezcara y Borda, 2012).

En los últimos años con los avances tecnológicos en informática se han obtenido avances muy importantes, llegando a poder controlar el posicionamiento con errores menores a 1 m, mediante el uso de GPS y los SIG (Iker Ezcara y Borda, 2012).

B. ¿Qué es la agricultura de precisión?

La agricultura de precisión es el uso que se le da a la información a través de la tecnología, esto con la finalidad de adecuar el manejo de un cultivo a la variabilidad que se puede presentar en las diferentes áreas productivas. En la agricultura de precisión se utilizan diferentes medios electrónicos para poder obtener datos de interés en los diferentes cultivos, entre los medios utilizados se encuentran los sistemas de posicionamiento global (GPS) (Iker Ezcara y Borda, 2012).

Con la agricultura de precisión se permiten satisfacer las exigencias de la agricultura en la actualidad como lo es el manejo óptimo de grandes extensiones de un cultivo o cultivos. La implementación de la tecnología de la agricultura de precisión puede aportar a mejorar el rendimiento, reducción de insumos o de ambos simultáneamente (Iker Ezcara y Borda, 2012).

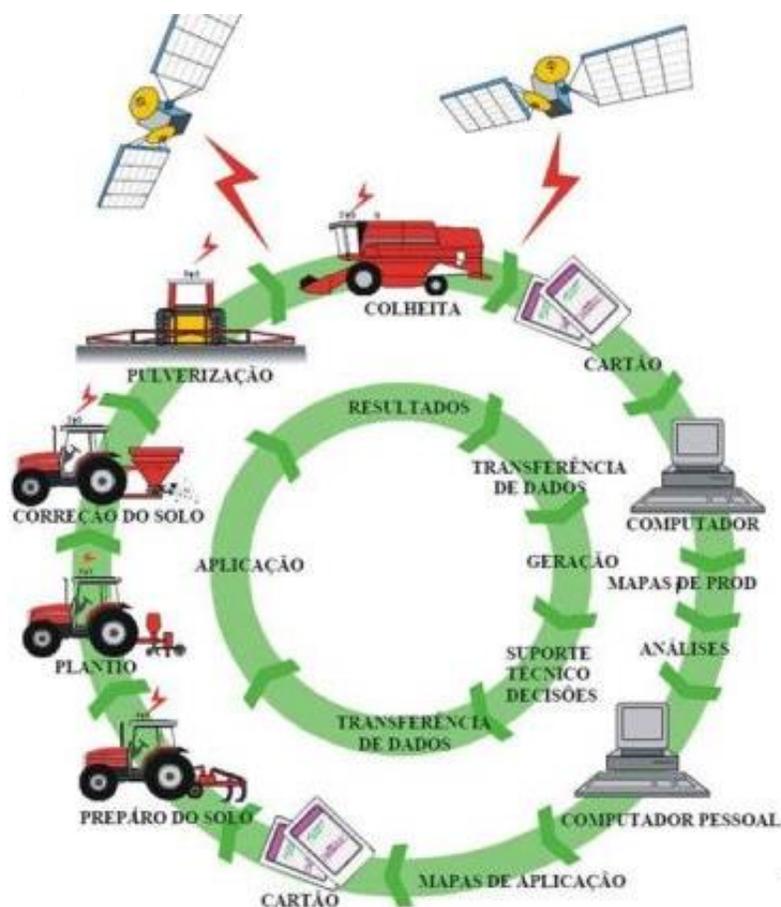
C. Definición

La agricultura de precisión tiene la capacidad de recopilar, interpretar y aplicar información específica de un área de cultivo, transformando los datos e información recopilada en conocimiento y rentabilidad. Se refiere al manejo de un cultivo adaptado a la variación espacial y temporal existente en las condiciones del campo, útiles para tomar decisiones y establecer prácticas (Iker Ezcara y Borda, 2012).

Según Pérez de Ciriza Gainza citado por Iker Escarza y Borda (2012), “La utilización y aplicación de las nuevas tecnologías, teniendo en cuenta la diversidad del suelo, el entorno ambiental y las necesidades de las plantas con el fin de gestionar y optimizar la aplicación de insumos (semillas, fertilizantes, fitosanitarios, riego y demás insumos) para obtener una producción rentable, de calidad y respetuosa con el medio ambiente” (Iker Ezcara y Borda, 2012).

D. Ciclo completo de la agricultura de precisión

El ciclo de la Agricultura de precisión inicia y finaliza con la recolección de datos de producción en la cosechadora, luego se evalúan los datos los cuales van entrelazados a otra información (análisis de suelo) y toma de decisiones, las operaciones se llevarán a cabo de una forma individualizada (Iker Ezcara y Borda, 2012). En la figura 6, podemos ver un ejemplo del proceso general y las diferentes etapas que sigue la agricultura de precisión en todas las actividades que se llevan a cabo en cualquier tipo de cultivo.



Fuente: AGCO de Brasil, 2015.

Figura 6. Ciclo de la agricultura de precisión

E. Barreras de la agricultura de precisión (Iker Ezcara y Borda, 2012).

- La agricultura de precisión no se encuentra disponible para todos, es más probable que está sea limitada a los agricultores con grandes escalas de producción.
- El costo de los equipos es alto, pero no se toma en cuenta las ventajas generadas al implementar la agricultura de precisión.
- Para la implementación de los diferentes sistemas se necesitan de ciertas habilidades informáticas.

- Falta de cultura de innovación en el campo.
- Resistencia en el sector a invertir por formación.

F. Beneficios de la agricultura de precisión (Iker Ezcara y Borda, 2012).

- Gestión optimizada de los trabajos de campo.
- Reducción en la utilización de productos químicos como pesticidas y fertilizantes.
- Menor impacto ambiental.
- Productos con mayor valor nutritivo.
- Obtención de información más precisa y de trazabilidad.

G. Herramientas de la agricultura de precisión

Las herramientas de la agricultura de precisión son varias, para fines de esta investigación se definen las siguientes:

a. Sistema de posicionamiento global (GPS)

Las aplicaciones de los GPS en su mayoría están relacionadas con la producción de cultivos, manejo forestal, manejo de recursos naturales y acuicultura.

Los GPS funcionan mediante receptores móviles sobre la tierra, los cuales captan las señales electromagnéticas emitidas por los satélites en órbita. Los receptores GPS calculan la posición en el campo, en términos de longitud y latitud, luego estos calculan la distancia mediante el tiempo que tarda la señal en llegar al receptor. Posteriormente utiliza un modelo de triangulación para determinar la posición exacta del receptor GPS sobre la superficie de la tierra (Dario Castañeda, 2009).

En la agricultura los GPS tienen un amplio uso en el levantamiento o captura de la información espacial base utilizada para mapear diversas variables de producción, como: siembra, cosecha, control de enfermedades, entre otros (Dario Castañeda, 2009).

b. Sistema de información geográfica (SIG)

Un SIG es un sistema computacional que utiliza datos georreferenciados espacialmente, con el objetivo de realizar análisis de información y mapeo. Un SIG nos permite capturar, almacenar y analizar información (Dario Castañeda, 2009).

En un SIG la información se organiza por capas o coberturas, las cuales pueden ser: capas de suelo, topografía, producción, clima, hidrografía, vegetación, etc., las cuales son utilizadas para realizar análisis espaciales, interpolando la diferente información y representándola espacialmente (Dario Castañeda, 2009).

En la figura 7, se muestran los componentes básicos, por los cuales está conformado un SIG (Sistema de Información Geográfica).

El uso de GPS en la Agricultura por si solos, no constituye a la agricultura de precisión. Para lo cual se requiere de un sistema que permita acceder a toda la información recopilada de una forma organizada, manejo de datos y análisis de estos, facilitando la interpolación y la toma de decisiones. En estas actividades es donde el GIS cobra importancia, debido a todas las características de este mencionadas anteriormente. El GIS va expandiéndose a medida que la agricultura de precisión se expande (Dario Castañeda, 2009).

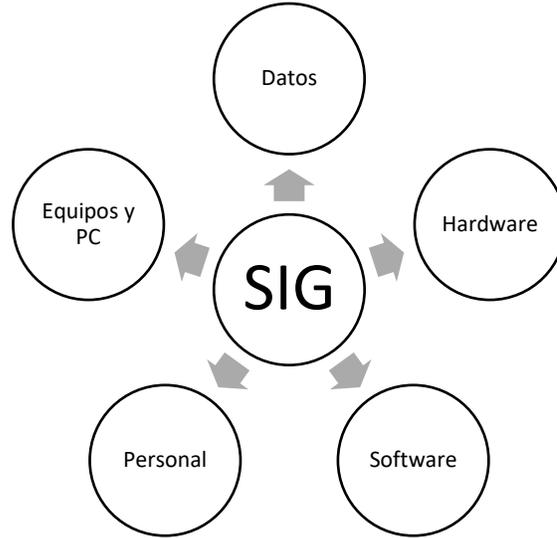


Figura 7. Componentes de un SIG.

c. Monitoreo de rendimiento y mapeo

Con los mapas de rendimiento se produce información detallada, también se brindan parámetros que nos permiten determinar y corregir las causas de bajos rendimientos o identificar causas de altos rendimientos.

El monitor de rendimiento es el encargado de recoger la información procedente de distintos sensores y gracias a un software este calcula el rendimiento de un cultivo en el tiempo y espacio, el cual se basa en la ubicación de cada parcela proporcionada por el sistema de posicionamiento global GPS. El resultado de este proceso se presenta en un mapa gráfico (Dario Castañeda, 2009).

d. Muestreo intensivo de suelos

El muestreo intensivo de suelos es el proceso que permite conocer cuál es el factor limitante que provoca las diferencias existentes dentro de las distintas parcelas de estudio,

posteriormente se pueden tomar acciones para mejorar este hecho (Dario Castañeda, 2009).

2.2.2. Marco Referencial

2.2.2.1. Ubicación geográfica

La Finca San Miguel Sur perteneciente a la empresa Palo Blanco S.A, cuenta con un área total de 257.15 ha, se encuentra ubicada en el municipio de La Gomera, departamento de Escuintla, con sus oficinas centrales en las coordenadas 14° 1'14.91" Latitud Norte, 91°12'39.06" Longitud Oeste; a 17 m s.n.m.

Según la DMP (Dirección Municipal de Planificación) del municipio de La Gomera Escuintla, el departamento de La Gomera está constituido por 7 aldeas, 6 caseríos, 7 parcelamientos, 10 colonias y más de 150 fincas agrícolas. En la figura 8, se presenta la ubicación de las fincas pertenecientes a la empresa Palo Blanco S.A., entre las cuales se encuentra la finca San Miguel Sur ubicada al Este del caserío El Chontel. La figura 9, pertenece al mapa representativo de la finca San Miguel Sur, uno de los primeros mapas generados, el cual ya se encuentra georreferenciado y forma parte de la cartografía básica de las fincas de la empresa.

2.2.2.2. Colindancias finca San Miguel Sur

La finca San Miguel Sur tiene los siguientes límites y colindancias: al Norte con la finca Montañesa (cultivo de caña de azúcar), al Sur con la finca San Antonio el Valle (cultivo de caña de azúcar), al Oeste con la aldea El Chontel y finca San Miguel Norte (cultivo de banano) y al Este con la finca Montañesa (cultivo de caña de azúcar). La figura 10, presenta el mapa con las colindancias descritas.

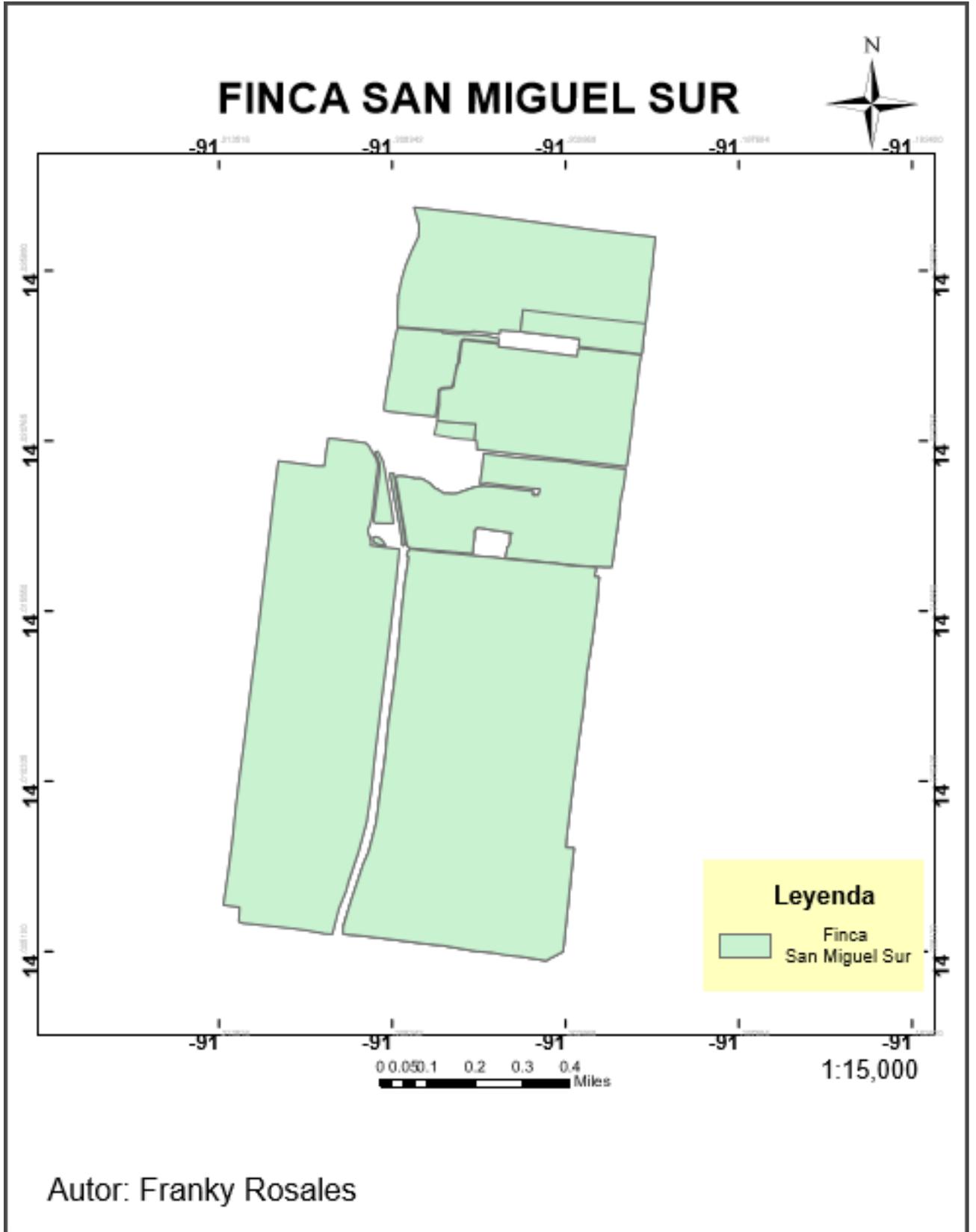


Figura 9. Mapa del área finca San Miguel Sur, La Gomera, Escuintla.

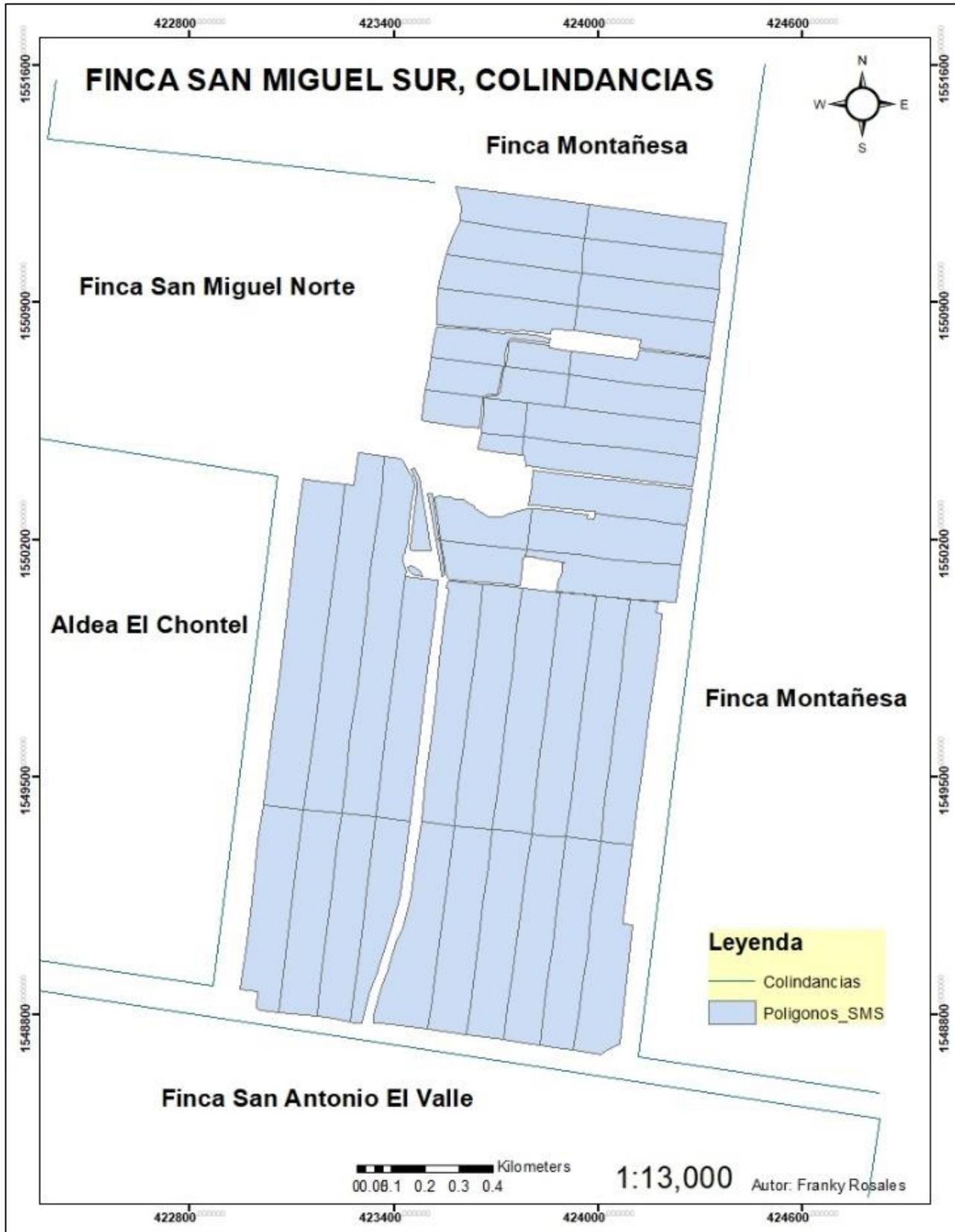


Figura 10. Mapa de las colindancias de la finca San Miguel Sur, La Gomera, Escuintla.

2.2.2.3. Condiciones ambientales finca San Miguel Sur

A. Clima

El clima en la finca es lluvioso en temporada normal, a mediados de los meses de julio y agosto se presenta la canícula. La prolongación de lluvias la cual ocasiona inundaciones y la sequía en áreas específicas son las principales amenazas (SEGEPLAN, 2010).

Se obtuvieron datos de temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento promedio, los cuales representan las condiciones climáticas en las fechas del 01 de enero año 2016 al 31 de enero año 2017. Estos a partir de la estación San Antonio El Valle, ubicada en las coordenadas -91.476996, 13.995364 a 10 m s.n.m., perteneciente al Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático.

a. Temperatura

La temperatura promedio observada, es entre 28 a 39 °C. Una temperatura máxima promedio de 36.7 °C y una temperatura mínima promedio de 16.4 °C en el año 2016. Las figuras 11 y 12, muestran el comportamiento de la temperatura en el periodo de tiempo antes mencionado.

b. Precipitación pluvial

Se encuentra en un promedio de precipitación anual de 1200 a 2000 mm. En el año 2016 en mayo, se presentó una precipitación máxima promedio de 310 mm y una precipitación mínima promedio de 10 mm en abril. En las figuras 13 y 14, se muestra el comportamiento de la precipitación pluvial en el periodo de tiempo comprendido para la toma de datos.

c. Humedad relativa

La humedad relativa en el cultivo de banano y en las zonas donde se cultiva es muy importante debido a los procesos como lo es la evapotranspiración la cual va a definir la frecuencia de riego. Según se puede observar en la figura 15, la humedad relativa máxima fue de 100 % y la mínima de 31 %. En la figura 16, se grafica la humedad relativa promedio mensual que fue observada en el año 2016.

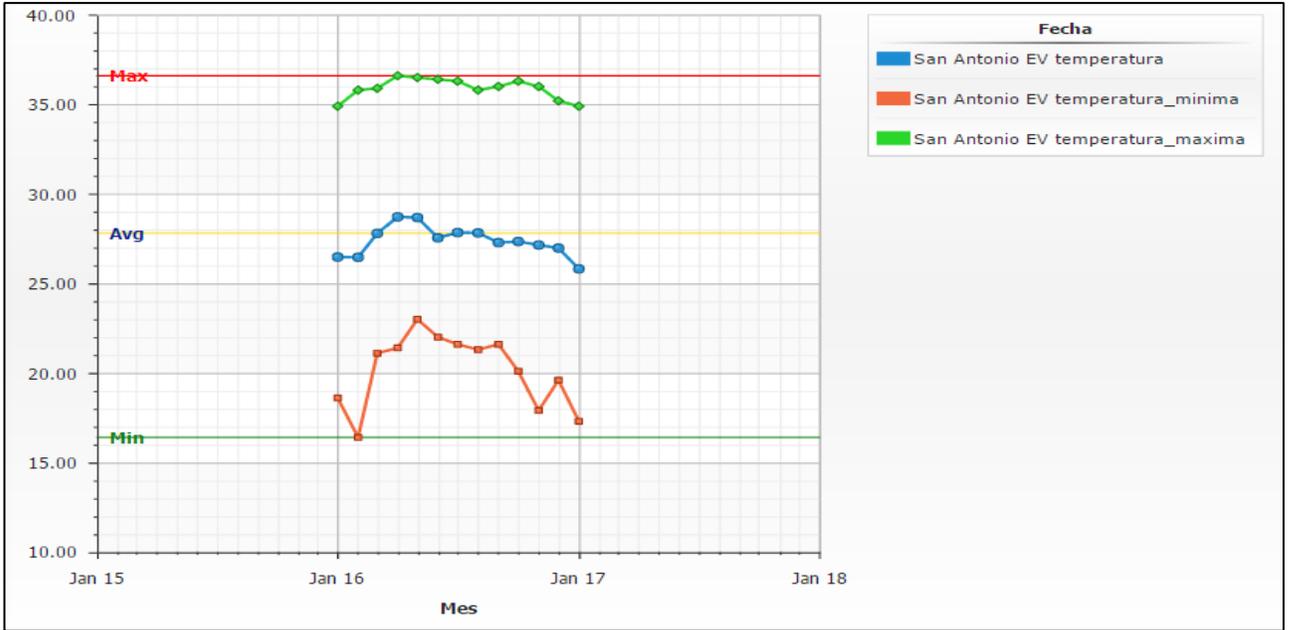
d. Velocidad del viento

El viento en las zonas de este municipio, presentan un comportamiento muy definido, esto debido a que es una zona del litoral pacífico, predominando la dirección Sur de los vientos. Aquí se presenta altos valores de la velocidad del viento, estos ocurren a partir de las 12 horas del día, disminuyendo al final de la tarde. Los vientos con velocidades altas se presentan en las épocas lluviosas.

Como se observa en la figura 17, donde los meses con velocidades más altas junio a septiembre. En la figura 18, se presenta un promedio mensual de la velocidad del viento del año 2016.

B. Suelos

Los suelos de la finca San Miguel Sur, pertenecen a los del litoral Pacífico, lo cuales tienen las características siguientes: suelos bien drenados, arenosos y correspondientes a los suelos de la serie Bucul (SEGEPLAN, 2010). En la figura 19, se presenta el mapa de clasificación de suelos donde se observa que los límites de las tres fincas pertenecientes a la empresa se encuentran clasificados en la misma serie de suelos, entre ellas la finca San Miguel Sur. Los datos fueron obtenidos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.



Fuente: ICC, 2017.

Figura 11. Temperatura máxima y mínima, reporte por mes del 01/01/2016 al 31/01/2017.

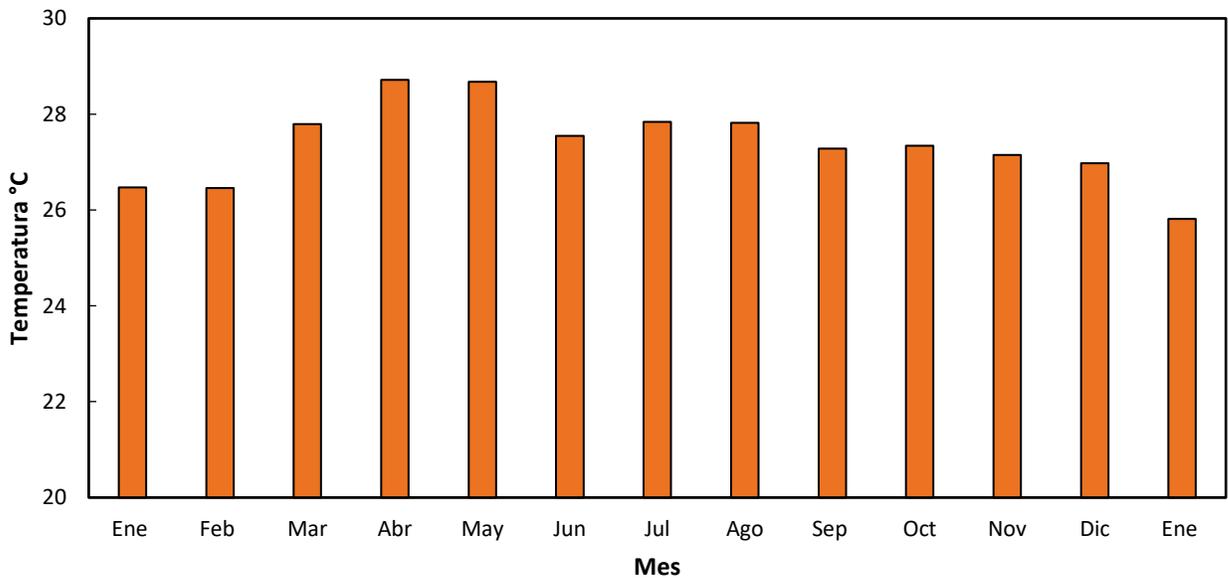
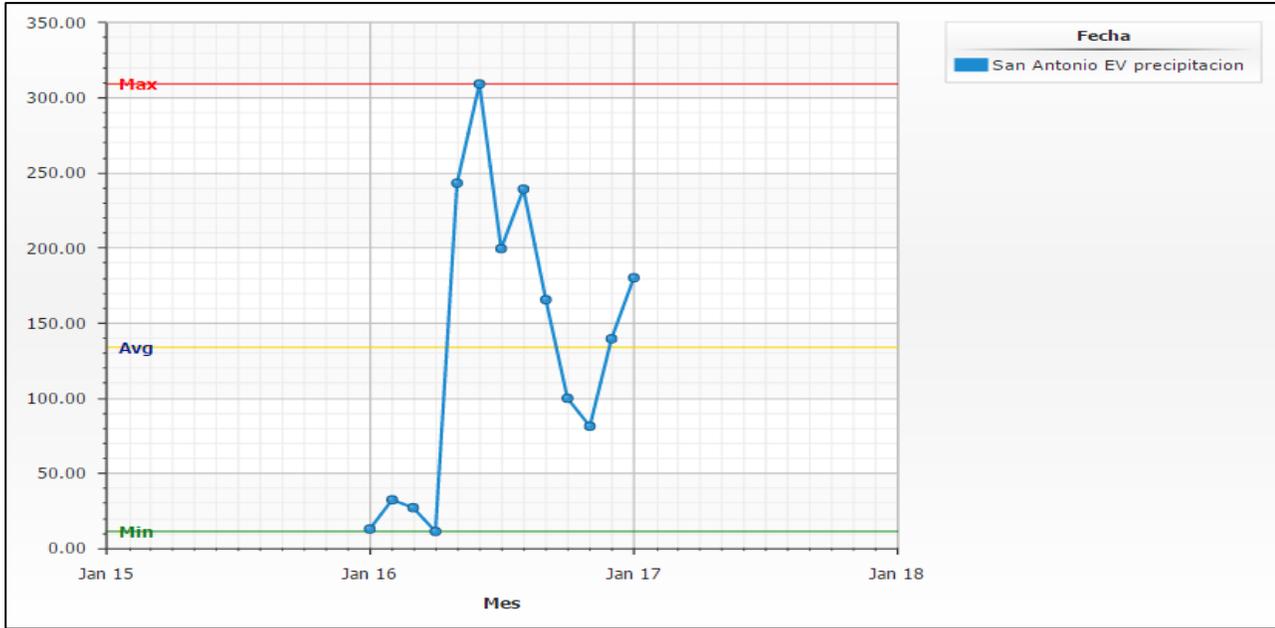


Figura 12. Temperatura promedio por mes, reporte del 01/01/2016 al 31/01/2017, estación San Antonio El Valle.



Fuente: ICC, 2017.

Figura 13. Precipitación máxima y mínima promedio, reporte por mes del 01/01/2016 al 31/01/2017.

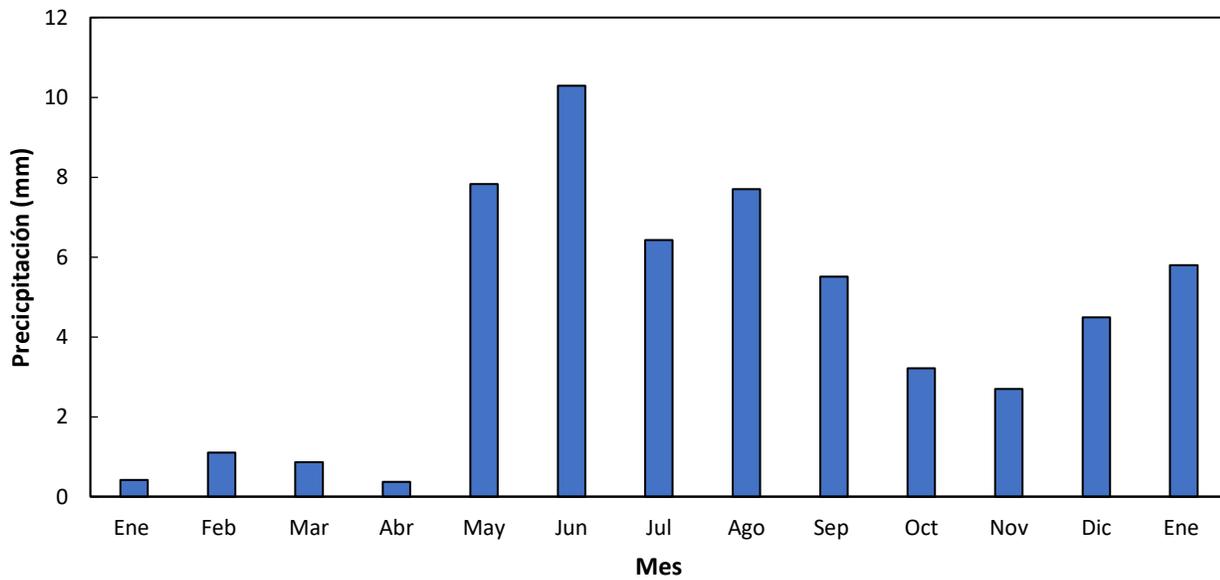
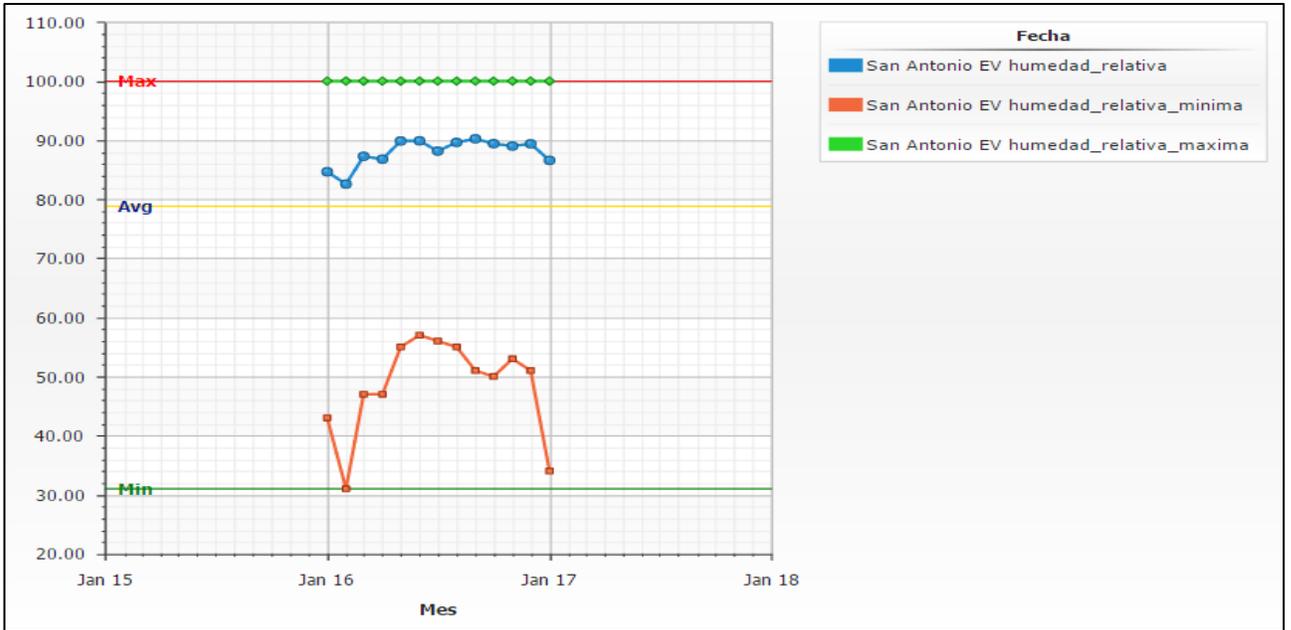


Figura 14. Precipitación promedio por mes, reporte del 01/01/2016 al 31/01/2017, estación San Antonio El Valle.



Fuente: ICC, 2017.

Figura 15. Humedad relativa en porcentaje, reporte por mes del 01/01/2016 al 31/01/2017.

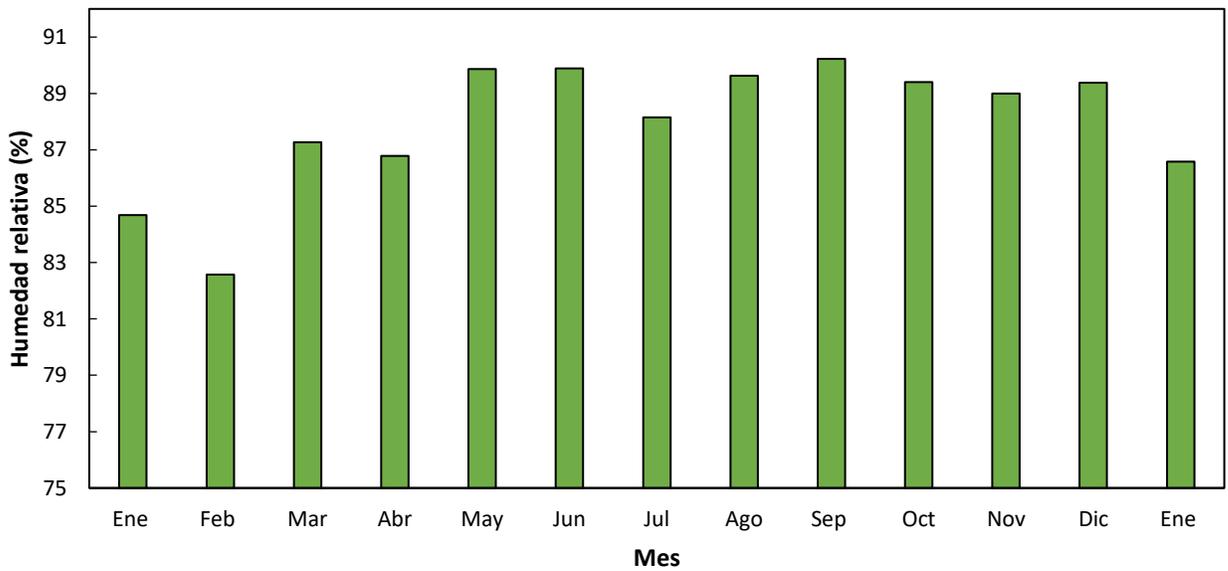
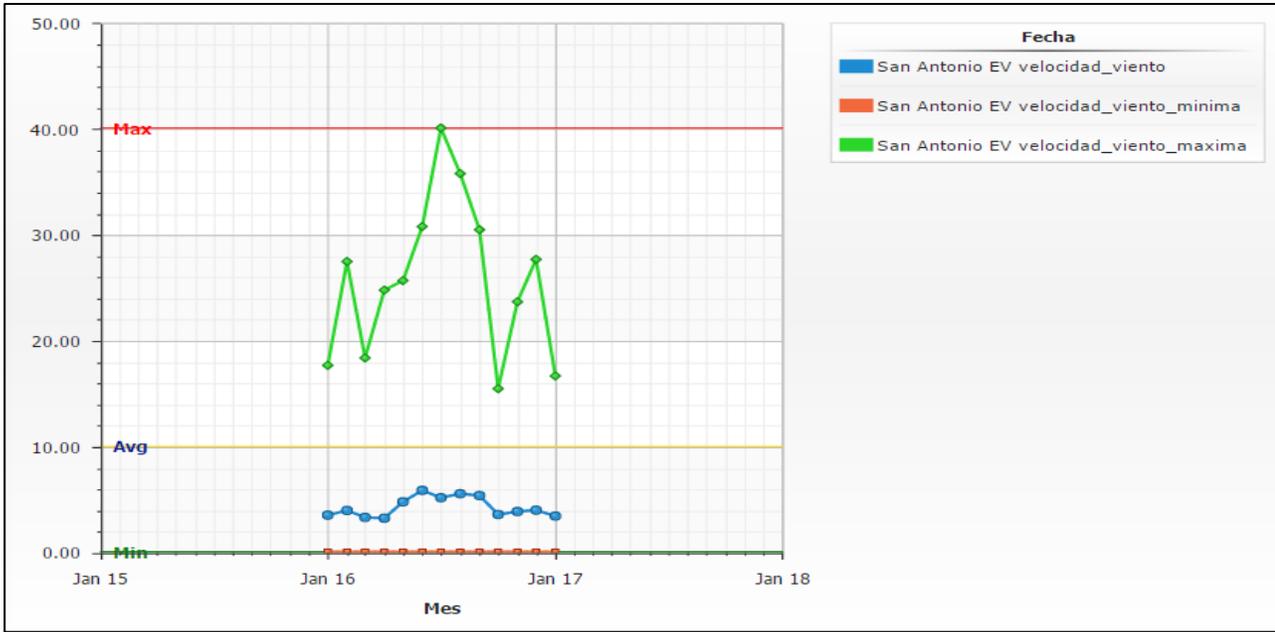


Figura 16. Humedad relativa promedio por mes, reporte del 01/01/2016 al 31/01/2017, estación San Antonio El Valle.



Fuente: ICC, 2017.

Figura 17. Velocidad del viento (km/h), reporte por mes del 01/01/2016 al 31/01/2017.

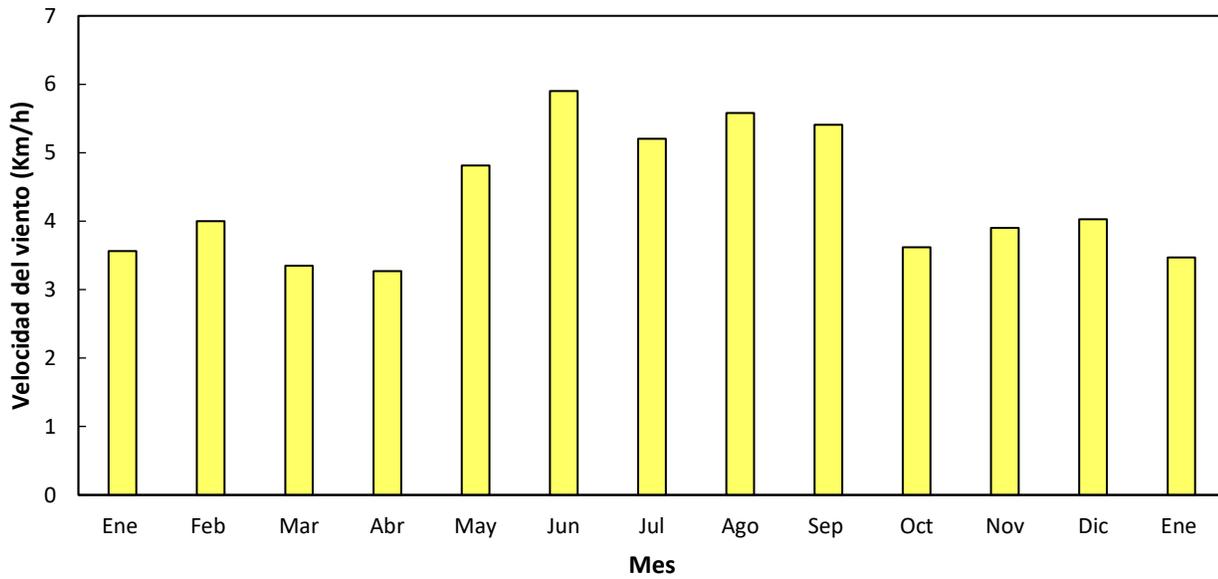
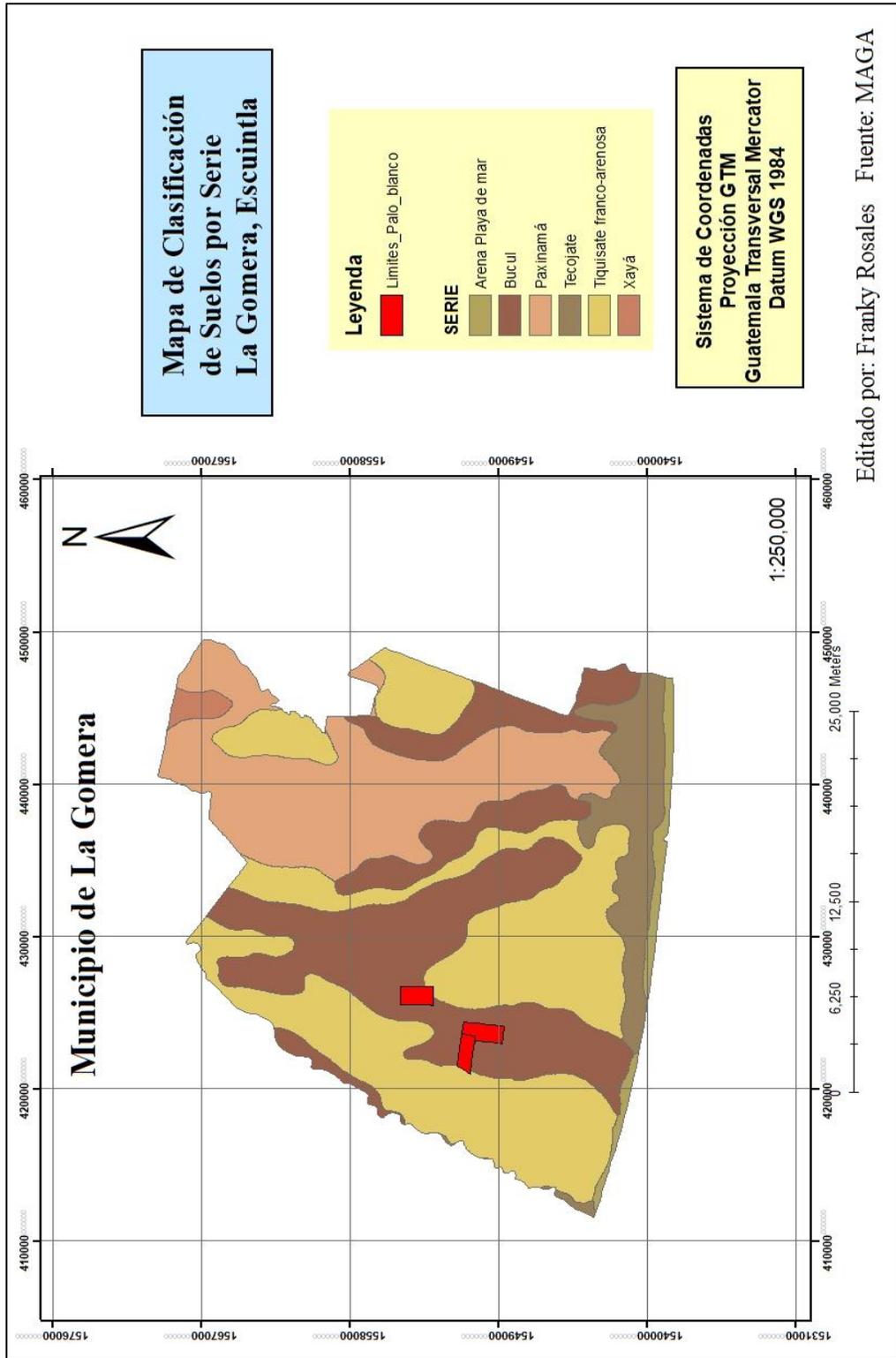


Figura 18. Velocidad del viento promedio por mes, reporte del 01/01/2016 al 31/01/2017, estación San Antonio El Valle.



Editado por: Franky Rosales Fuente: MAGA

Figura 19. Mapa de clasificación de por series de los suelos de La Gomera, Escuintla.

En relación con el uso actual del suelo, con apoyo de la información cartográfica del sistema de información geográfica de SEGEPLAN, el municipio de La Gomera se encuentra determinado por cultivos semiperennes 71.3 % (caña de azúcar); cultivos perennes 4.8 % (banano, plátano y palma africana), 12.5 % (pastos) y 2.7 % (granos básicos) (SEGEPLAN, 2010).

En el trabajo Primera Aproximación del mapa de clasificación taxonómica de los suelos de Guatemala realizado por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), se obtuvo la elaboración del mapa de clasificación taxonómica a escala 1: 250,000. De este estudio se obtuvo la identificación y la descripción de las características de los suelos que pertenecen al municipio de La Gomera, Escuintla:

a. Andisoles

Estos son suelos que se han desarrollado sobre ceniza volcánica, su densidad aparente es baja, menor a 0.9 g/cm^3 . Tienen altos contenidos de alófono. Estos suelos en su mayoría tienen un alto potencial de fertilidad y características físicas para un mejor manejo. Tienden a erosionarse con facilidad en pendientes fuertes. Otra característica que los identifica es la alta retención de fosfatos, lo cual limita el manejo.

En la zona de trabajo se presentan los siguientes subórdenes: Udands, Ustands y Vitrans.

b. Entisoles

Son suelos que presentan poca evidencia del desarrollo de su perfil y por lo tanto poco desarrollo de los horizontes. Esto es debido a las condiciones que se presentan como lo es, el relieve (lo cual provoca erosión, deposición superficial de minerales y materiales orgánicos) y las condiciones con exceso de agua. Se presentan en áreas con bastante relieve o en partes planas.

En la zona de trabajo se presentan los siguientes subórdenes: Fluvents, Orthens y Psamments.

c. Molisoles

Estos suelos presentan un horizonte con alto contenido de materia orgánica, superficie gruesa y oscura. Presentan más del 50 % de saturación de bases. Por sus características físicas y químicas son suelos bastante fértiles. Se encuentran comúnmente en superficies casi planas lo cual favorece su mecanización.

En la zona de investigación se presentan los siguientes subórdenes: Udolls y Ustolls (UPIE, 2000). En la figura 20 se presentan también los suelos pertenecientes a las fincas de la empresa y por consiguiente de la finca San Miguel Sur, estos siendo del orden Molisoles.

C. Zonas de vida

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Guatemala, el municipio de La Gomera se encuentra entre tres de ellas, las cuales se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Zonas de vida, La Gomera, Escuintla.

Código	Zona de vida	Área (km ²)	%
Bh-S ©	Bosque húmedo Subtropical (cálido)	468	73.13
Bmh- S ©	Bosque muy húmedo Subtropical (cálido)	144.4	22.56
Bs-S	Bosque seco Subtropical	27.6	4.31
TOTAL		640	100.00

Fuente: SEGEPLAN, 2010.

La finca San Miguel Sur y las demás fincas pertenecientes a la empresa palo blanco se encuentran en la zona de vida perteneciente a Bosque húmedo Subtropical (cálido) (Bh-S©) (SEGEPLAN, 2010).

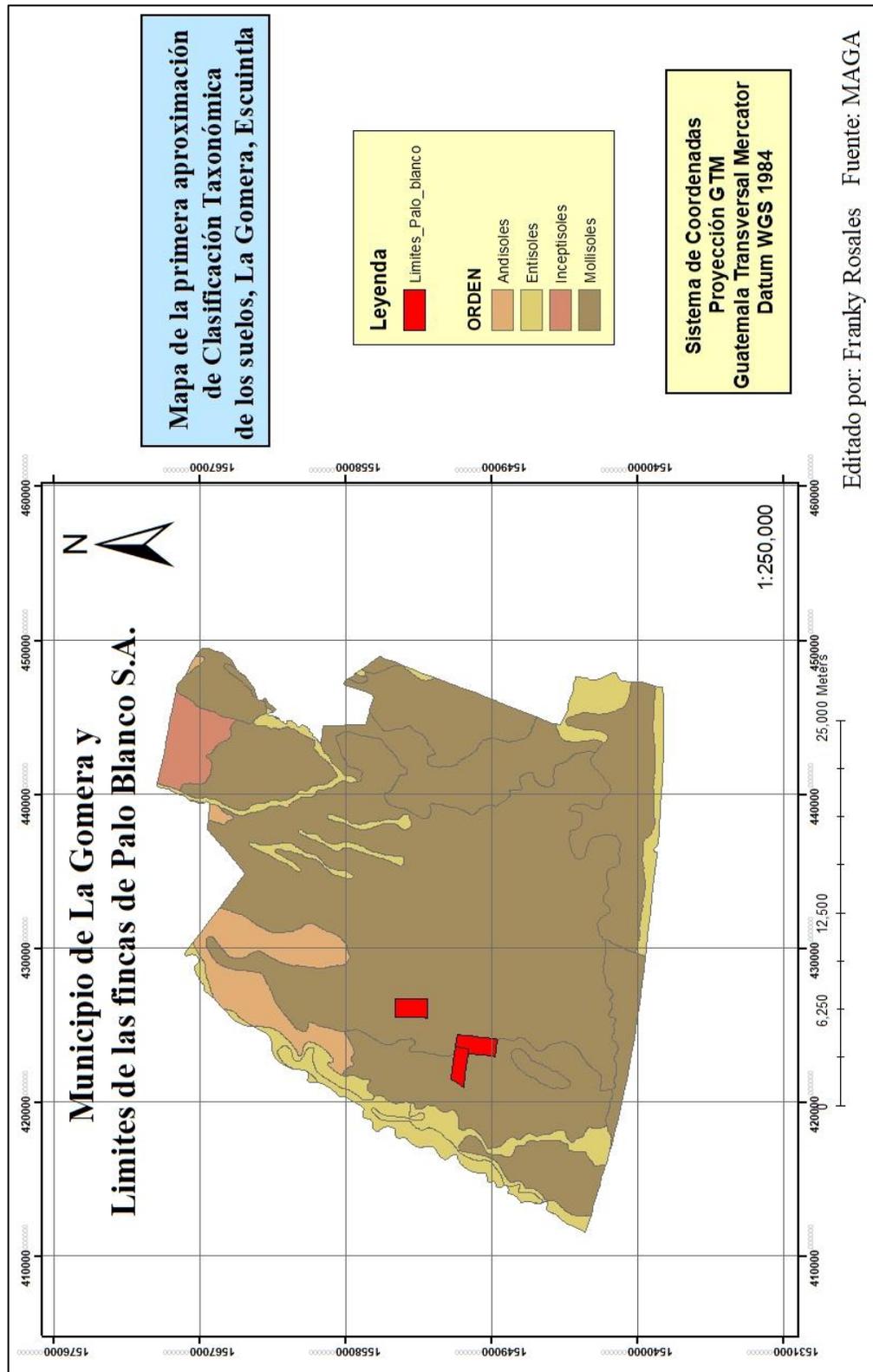


Figura 20. Mapa de la clasificación de suelos del municipio de La Gomera, Escuintla. Primera aproximación realizada por el MAGA.

2.2.2.4. Agricultura de precisión en finca San Miguel

La agricultura que se lleva a cabo en la finca San Miguel es una agricultura tradicional donde se toma el área de cultivo como una superficie homogénea con necesidades similares, por lo cual con la implementación de la base cartográfica se darán los principios de una agricultura de precisión. La cual beneficiara el manejo del cultivo y organización de la información. Esto permitirá realizar un manejo específico según las necesidades de cada región.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo General

Analizar la variabilidad espacial y temporal de la producción de banano (*Musa sp.*) en la finca San Miguel Sur, en función de las cantidades disponibles de potasio en el suelo y el peso de los racimos para identificar la relación existente entre estos.

2.3.2. Objetivos Específicos

1. Representar a través de mapas la variabilidad espacial y temporal existente en la finca de los pesos de racimo y contenido de potasio en el suelo que se encuentren en esta.
2. Identificar a través de los mapas generado los puntos críticos productivos de la finca San Miguel Sur.
3. Evaluar la relación existente entre el potasio disponible en el suelo y el peso de los racimos de banano (*Musa sp.*) en el área de estudio, mediante la generación de una ecuación la que represente esta.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. Selección de la finca

Esta etapa consistió en seleccionar la finca en la cual se llevará a cabo la investigación. La empresa Palo Blanco S.A. cuenta con tres fincas en el área de La Gomera Escuintla, San Miguel Sur, San Miguel Norte y Nueva Esperanza.

La finca fue seleccionada por los avances e información que tiene, tales como: ortofoto, un mapa de la cartografía básica del área y un mapa de clasificación de texturas actualizado.

La finca San Miguel Sur está dividida en San Miguel Sur I y San Miguel Sur II, tomando la primera para llevar a cabo la investigación.

En las fincas pertenecientes a la empresa se dividen las parcelas delimitadas a través de cables y válvulas (sistema de riego). Para la investigación se seleccionaron de las válvulas uno a la seis de los cables uno al seis.

En la figura 21, se muestra el mapa de la finca San Miguel Sur. En el mapa se muestra como está dividida la finca a través de parcelas por medio de cables y válvulas.

La figura 22, muestra el área de la finca San Miguel Sur I, donde posteriormente se seleccionó el área para la investigación.

En la figura 23, se muestra el mapa correspondiente al área seleccionada para la investigación, pertenecientes a los cables uno al seis con sus respectivas válvulas (uno a la seis), ubicada cerca de la planta empacadora, donde se tomaron los datos de pesos de racimos, comprende de un área de 85.96 ha.

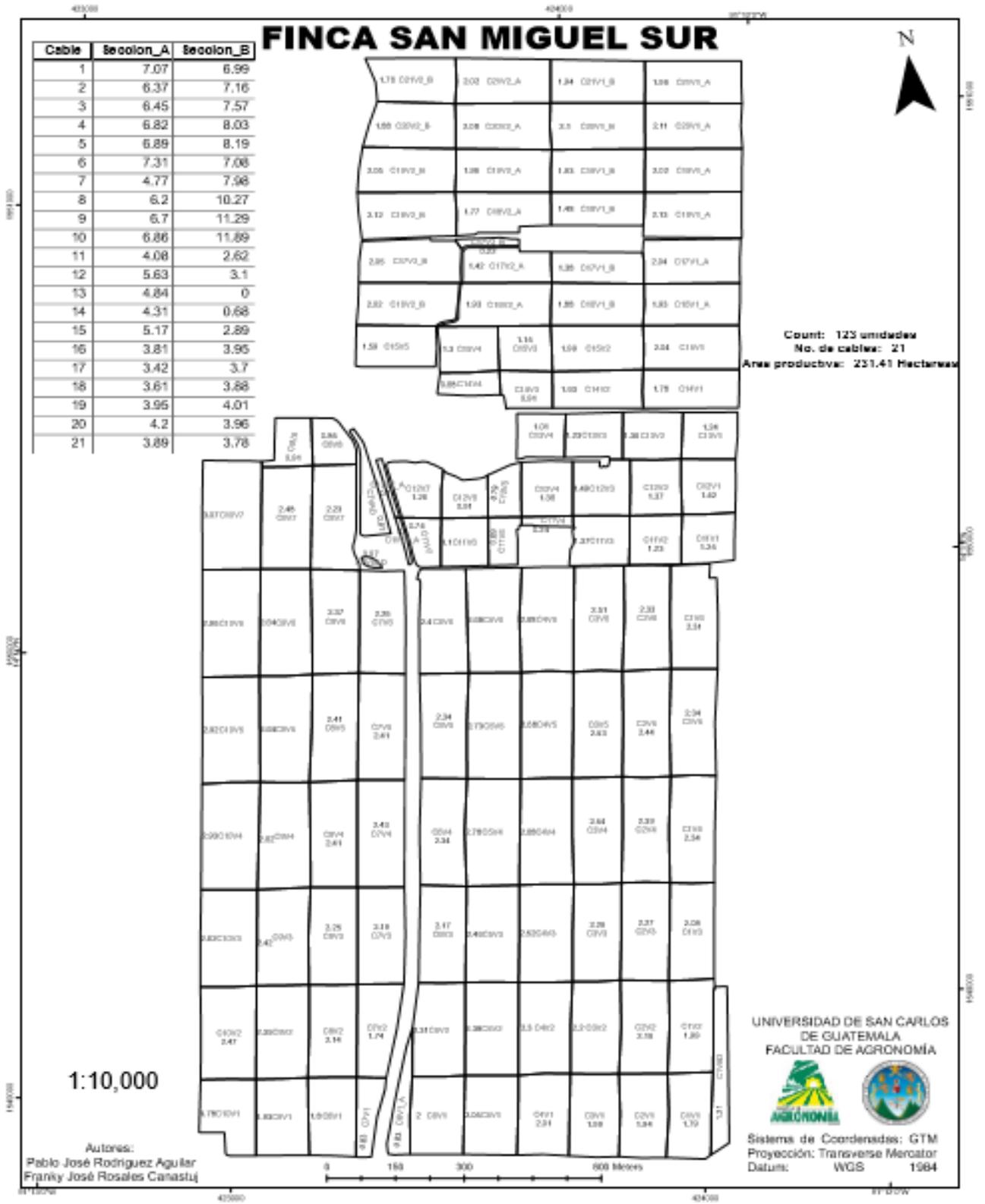


Figura 21. Mapa del área y distribución de parcelas a través de los cables y sus diferentes secciones de la finca San Miguel Sur.

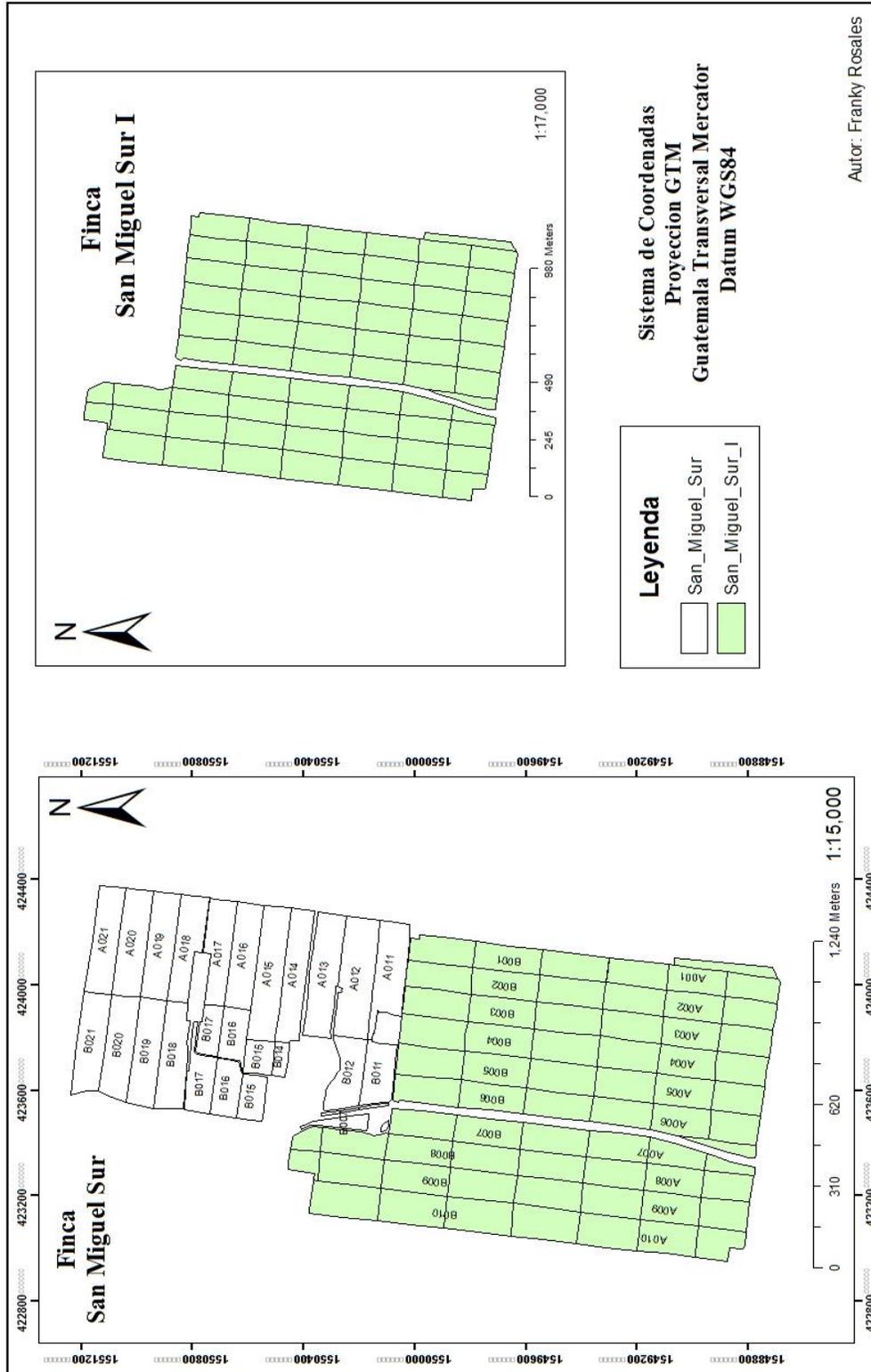


Figura 22. Mapa del área de la finca San Miguel Sur I. La cual cuenta con 151.07 hectáreas.

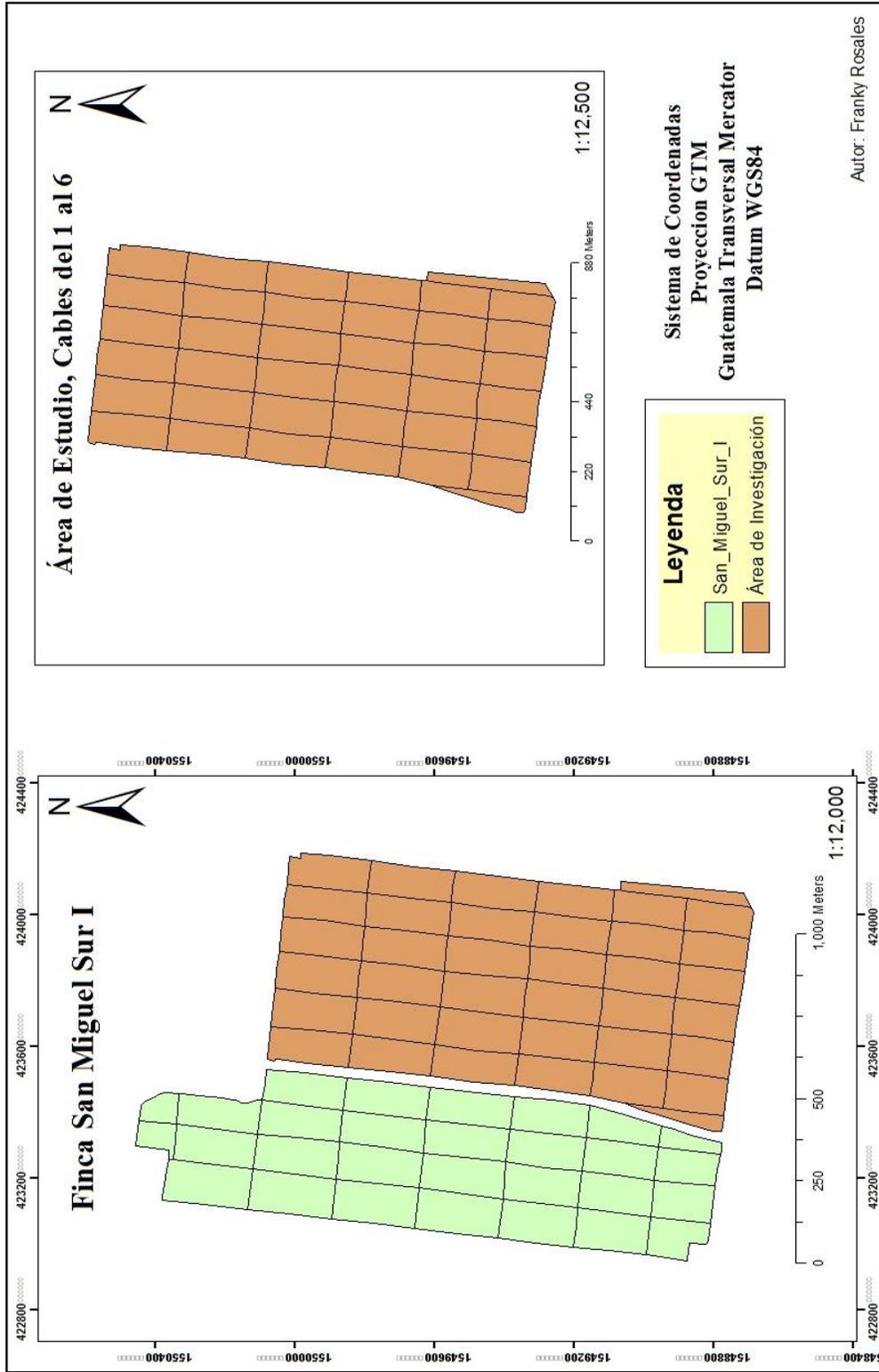


Figura 23. Mapa del área seleccionada, cables del número uno al seis de izquierda a derecha.

2.4.2. Identificación de variables

Esta etapa consiste en identificar los factores o variables limitantes o no limitantes que inciden con el rendimiento en el cultivo de banano. Al identificarse se recolectó información en campo e información obtenida a partir de estudios anteriores realizados en la finca.

Las variables por relacionar fueron elegidas debido a estudios realizados con anterioridad e investigaciones del cultivo de banano, según María Lupi (2016) estos factores son: el peso del racimo de banano y las cantidades de potasio (K) disponibles en el suelo, debido a que la producción del fruto de banano está directamente relacionada con el peso que obtiene el racimo (Figueroa & Lupi, 2016).

La nutrición de la planta determina el rendimiento del cultivo de banano, entre los nutrientes uno de los más importantes en el cultivo de banano es el potasio, este nutriente se encuentra en mayor cantidad en los frutos, es importante en el transporte de los carbohidratos de la planta y al mismo tiempo por medio de este proceso se da el llenado de la fruta, por lo tanto, es determinante en el rendimiento (López & Espinosa, 1995).

2.4.3. Muestreo de suelo para determinar cantidad de potasio (K) disponible.

2.4.3.1. División de área de estudio

Para el muestreo de suelo con el objetivo de determinar las cantidades de potasio disponible, se dividió el área de estudio en parcelas. Para la división se utilizó el mapa de texturas actualizado de la finca y se procedió a dividir las áreas en base a estas. Obteniendo 8 secciones con aproximadamente 10 ha cada una.

Las diferentes secciones fueron creadas en base a la textura, obteniendo así 4 secciones pertenecientes a arcilloso (A, B, C, D), 3 secciones de franco (A, B, C) y 1 sección de arenoso (A), figura 24. Se determinaron un total de 77 submuestras de suelo en el área de estudio, como se muestra en la figura 25.

2.4.3.2. Toma de muestras de suelo para análisis de potasio

Se realizaron 10 submuestras para obtener una muestra compuesta por cada sección. Las submuestras fueron distribuidas en una forma aleatoria debido a que se buscaba cubrir el área total de cada una de las diferentes secciones.

El muestreo se realizó con un barreno tipo holandés a una profundidad de 40 cm, esto debido a que la mayor concentración de raíces de las plantas de banano se encuentra a esta profundidad.

Las muestras fueron depositadas en bolsas identificadas, luego se trasladaron al laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas de la Unidad de Vinculación de Investigación y Gestión de Recursos (UVIGER) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La distribución de las submuestras recolectadas se observa en la figura 25.

2.4.3.3. Muestreo de racimos para obtener su peso

El muestreo de pesos de racimo se realizó aleatoriamente, utilizando las secciones generadas en el muestreo de suelo, para obtener datos de las dos variables. El muestreo de racimos siguió el patrón de corte establecido en la finca día con día, hasta cubrir las áreas de interés, esto para no afectar los ciclos de cosecha de la finca y obtener el peso comercial.

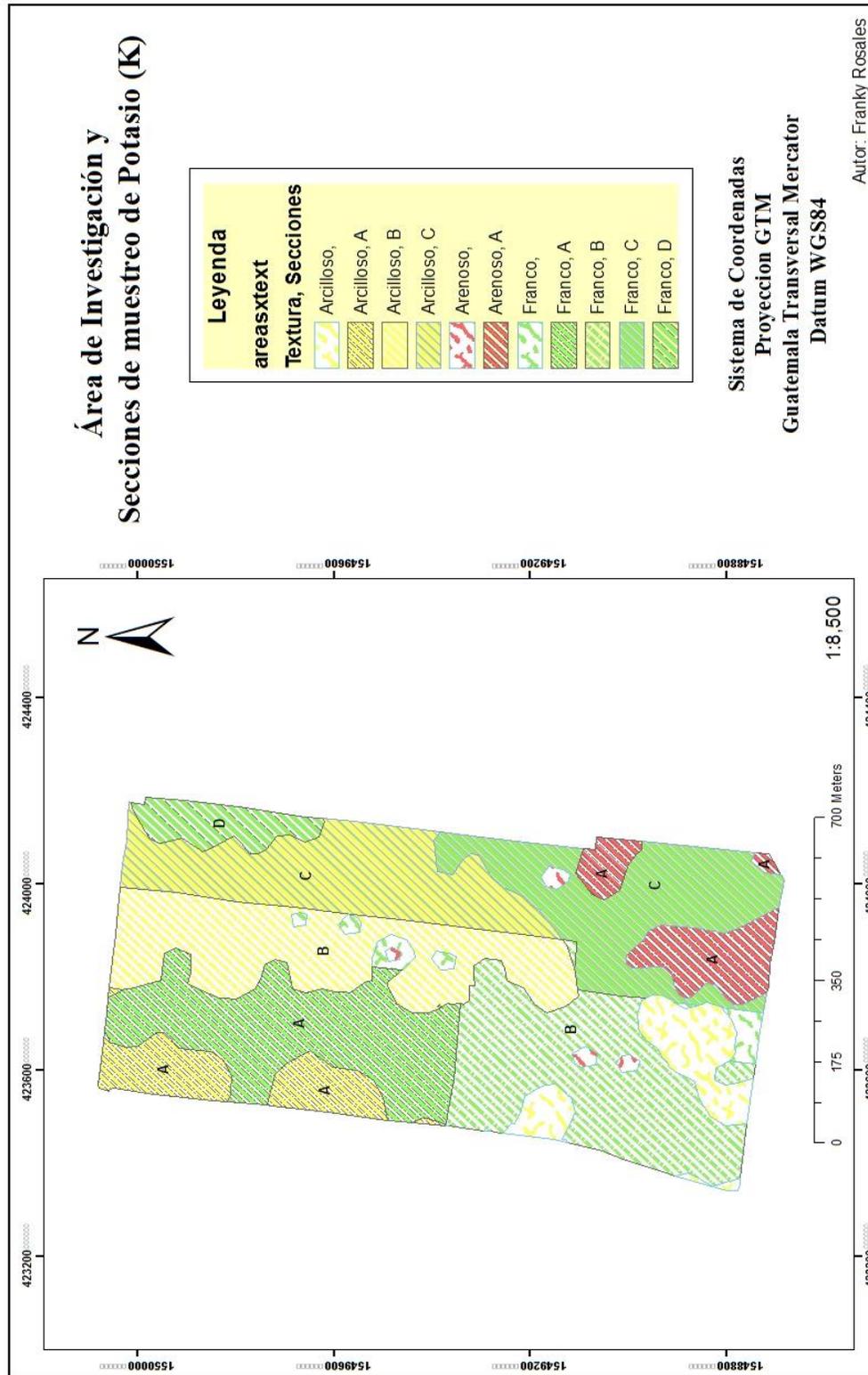


Figura 24. Mapa del área de investigación dividida en ocho secciones a partir del mapa de texturas de la finca San Miguel Sur.

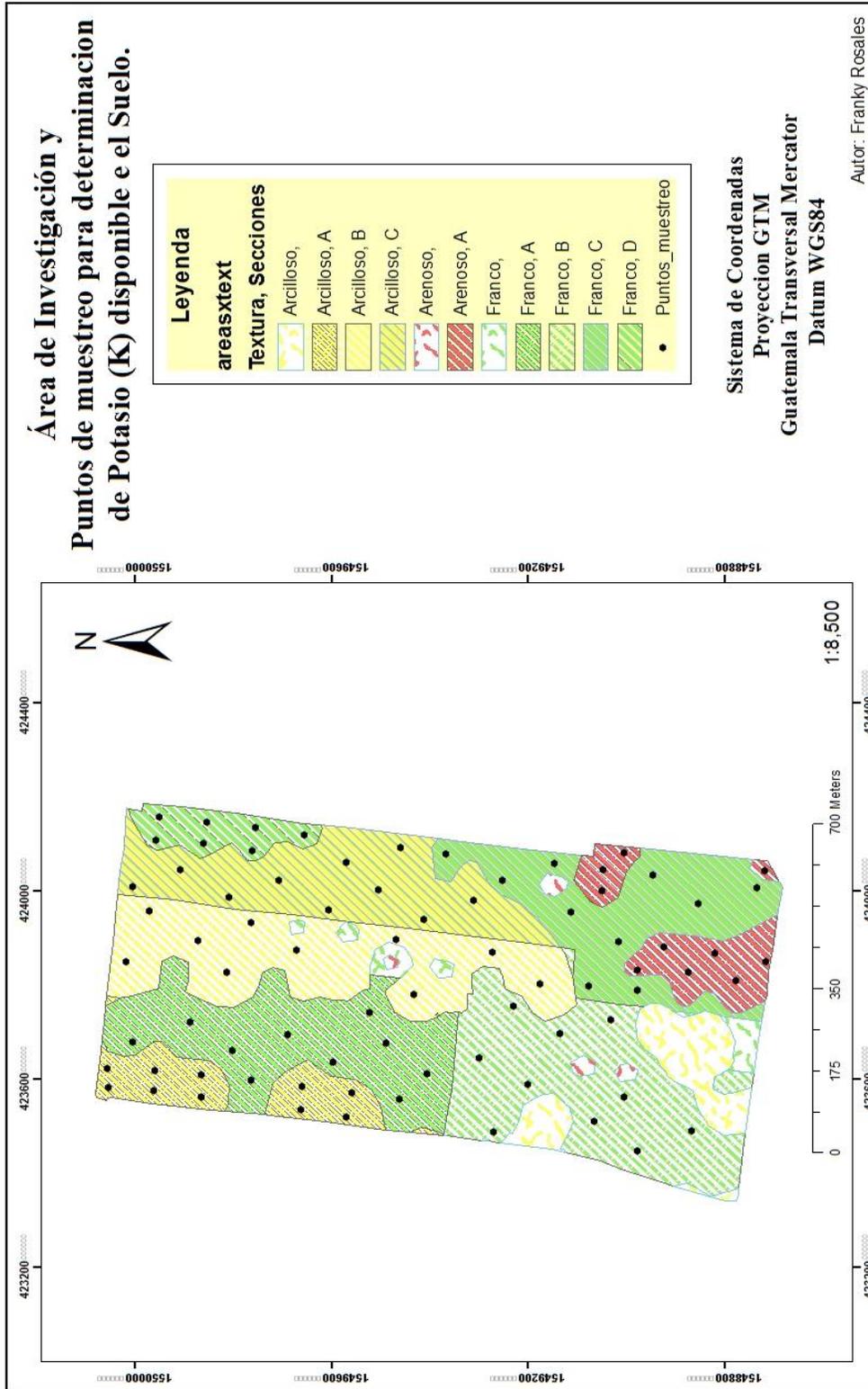


Figura 25. Mapa de la distribución de puntos para la toma de submuestras de suelo.

2.4.3.4. Identificación de racimos

Para la toma de pesos, se identificaron las canastas usadas para transportar los racimos a partir de que son cosechados en campo hacia la empacadora, estas transportan un racimo por cada canasta. Se seleccionó el racimo de interés y se identificó con la canasta, la identificación se hizo con cintas de diferentes colores según eran recolectadas en campo, la cinta se colocó en las orillas de la estructura de la canasta para identificarla en la empacadora y posteriormente registrar el peso del racimo. En la figura 26, se observa la respectiva identificación de las canastas (en ese caso cinta amarilla) ingresando al área de pesaje.

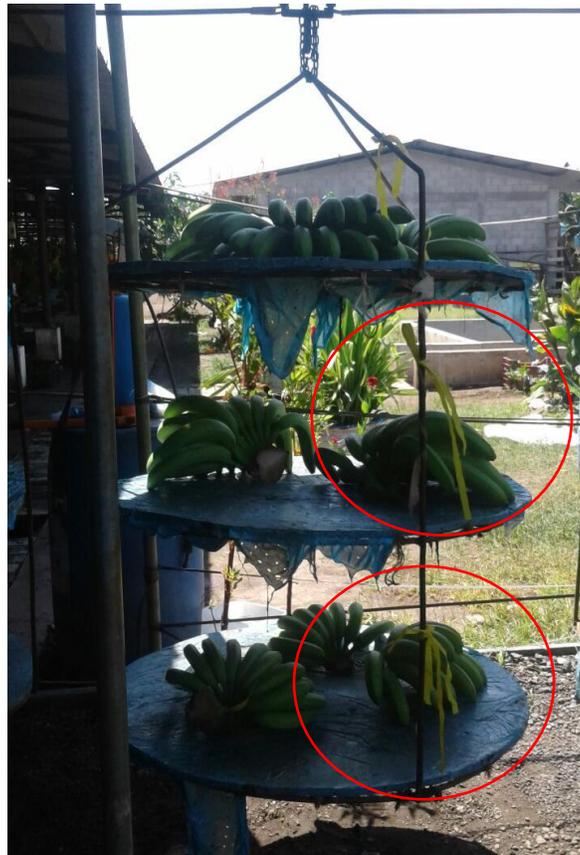


Figura 26. Identificación de canastas, para toma de peso de racimo.

2.4.3.5. Registro de peso de racimos seleccionados

El peso del racimo se obtuvo a través de una báscula (figura 27), conectada a un software (Bananapanel) que registra el peso de cada racimo que ingresa al área de selección restándole el peso de la canasta usada como transporte y estos son almacenados en un computador.

La figura 28, muestra los puntos que fueron georreferenciados de los pesos de racimos, en las mismas secciones de donde se extrajeron muestras de suelo para análisis de potasio.



Figura 27. Báscula instalada en la empacadora de la finca, para tomar pesos de racimo.

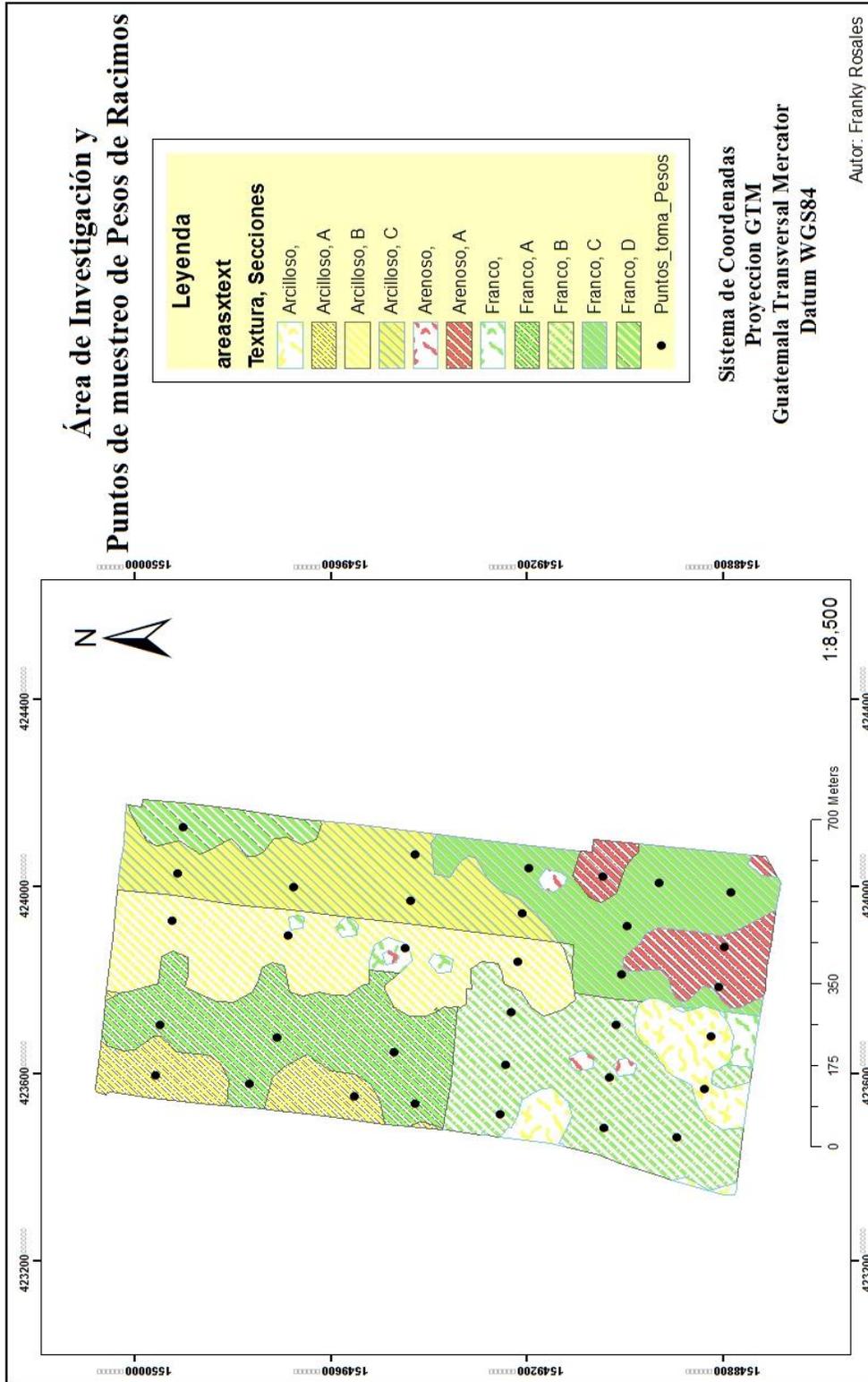


Figura 28. Distribución de puntos para la toma de pesos de racimos.

2.4.3.6. Levantamiento de información

Esta fase es muy importante durante un programa de agricultura de precisión, por lo tanto, es necesario recolectar información base existente de cada una de las variables que se identifiquen.

Los puntos de muestreo tanto de suelo como de pesos de racimo fueron georreferenciados por medio de GPS GARMIN 64S (figura 29). Luego de recolectar la información fue transferida a un sistema de información geográfica (SIG), en este caso el software ARCGis® 10.3.



Figura 29. Georreferenciación de los datos para su levantamiento de información con GPS GARMIN 64S.

2.4.3.7. Diseño de tabla de datos

Para tener un buen manejo de información y almacenamiento de esta se creó una tabla de datos, la cual permite la facilidad de acceso a la información recolectada. La tabla de datos creada es capaz de utilizarse y representar todas las variables a través de mapas, estos generados por medio de un sistema de información geográfica (SIG), lo cual nos permitirá realizar un mejor análisis.

La tabla de datos fue diseñada con diferentes campos de información básica y necesaria, lo cual nos brinda un mejor manejo de la información. En el caso de los muestreos de suelo se creó un campo con los resultados obtenidos de cantidades de potasio disponible en el área de estudio, esta es una de las primeras bases de información. En el caso de los pesos de racimo fue creado un campo correspondiente a las libras por cada racimo que fue reportado en el programa bananapanel.

2.4.3.8. Análisis de la información

En esta etapa se analizarán, verificarán y depurarán todos los datos obtenidos, esto de cada uno de los indicadores o variables seleccionadas. Esto se realiza con el fin de evaluar el comportamiento espacial y la relación que existe entre estos con la producción del cultivo.

2.4.3.9. Interpolación por distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en inglés)

Se utilizó la interpolación mediante distancia inversa ponderada, este interpolador asume que cada punto de entrada tiene una influencia local que disminuye con la distancia.

La Interpolación IDW implementa explícitamente el supuesto de que las cosas son más similares cuando están cerca una de la otra y al contrario con los que están más alejados. La interpolación por medio de IDW utiliza los valores medidos en los alrededores de la ubicación de predicción con el fin de predecir un valor en cualquier ubicación no medida o muestreada. Esos valores medidos más cercanos a la ubicación de predicción tendrán más influencia sobre el valor predicho que los más alejados. Por lo tanto, IDW asume que cada punto medido tiene una influencia local que disminuye con la distancia (Figura 35A).

2.4.3.10. División de área de trabajo para análisis

Para realizar un mejor análisis de la información obtenida, los datos recabados fueron sometidos a un análisis estadístico. Para lo cual se dividieron las capas creadas (shapes) de potasio disponible en el suelo y pesos de racimos. Esto se realizó convirtiendo el ráster a un vector, el ráster será dividido en polígonos de 30 por 30 m como se observa en la figura 36A, esto debido a que el tamaño de celda utilizado en la interpolación IDW fue de 30 por 30 m.

2.4.3.11. Selección de la muestra para análisis estadístico

La selección de la muestra para realizar el análisis estadístico fue completamente al azar, la muestra fue de un 10 % del total de polígonos obtenidos. En este caso el 10 % correspondía a 95 datos a extraer.

Para la extracción de datos se hizo una selección al azar en Excel®, se trasladó la información de los polígonos creados con sus diferentes campos (ID, Coordenadas y datos de Variable) como se observa en la figura 37A.

Luego de obtener los datos a evaluar fueron ploteados los puntos con sus respectivas coordenadas en SIG a utilizar y se creó un shape de puntos con la información necesaria para llevar a cabo el análisis estadístico (figura 38A).

2.4.3.12. Obtención de mapas (ARCGIS® versión 10.3)

Los mapas obtenidos a través de la interpolación de las variables seleccionadas y la información base, corresponden a la relación existente y variabilidad espacial y temporal de esta entre el peso de racimo y cantidad de potasio disponible en el suelo, de las diferentes áreas de la finca, estos serán la herramienta fundamental para corregir o tomar decisiones sobre los limitantes encontrados y definir el manejo de las unidades productivas.

2.4.3.13. Análisis estadístico de indicadores o variables

El rendimiento de cualquier cultivo depende de muchas variables, entre las cuales se encuentran las propiedades del suelo (químicas y físicas), en este caso se analizaron las cantidades de potasio disponible en el suelo y el peso del racimo de banano, por lo tanto, se realizó un análisis estadístico para observar la asociación existente entre estas y entender el comportamiento espacial de las variables seleccionadas.

En este caso se llevó a cabo un análisis de regresión lineal simple en el software InfoStat®, esto con el objetivo de determinar el grado de dependencia entre las variables X (cantidad de potasio disponible en el suelo) y la variable Y (peso de racimo), luego se verificó si existía una relación lineal o cuadrática entre estas, en caso fuera significativa la relación, generar a través del software Curve Expert® una ecuación y evaluar esta por medio del software InfoStat® si representara dicha relación existente entre las variables (figura 39A).

Utilizando el software Curve Expert® se obtiene el modelo que mejor se ajusta a los datos. Esto se evaluó mediante un análisis de regresión no lineal en InfoStat®, para verificar la existencia de la relación observada entre la cantidad de potasio disponible en el suelo y el peso de racimos. Luego de evaluar dicho modelo en el software Infostat® y determinar si en realidad representa la relación existente entre las variables, se realizó en Excel® un gráfico de dispersión para confirmar el modelo que siguen los datos y el que mejor se ajusta a estos. En la figura 30, se presenta un resumen de la metodología llevada a cabo.

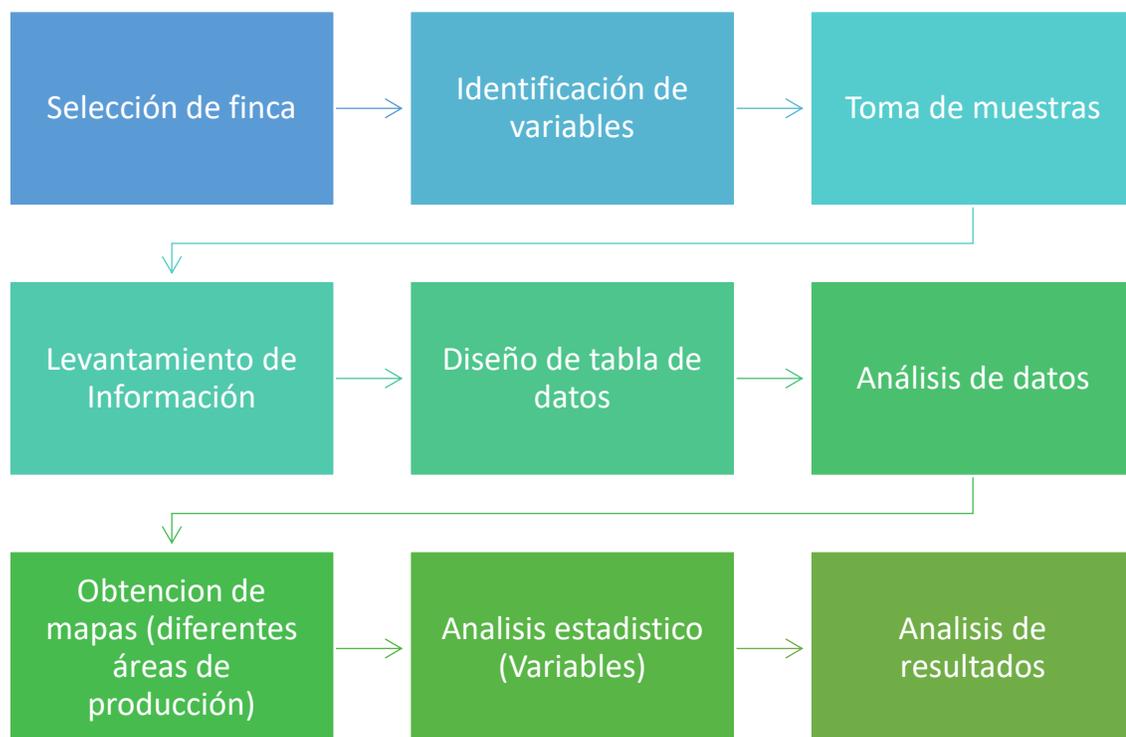


Figura 30. Esquema de la metodología llevada a cabo para el análisis Geo-referenciado de la relación entre peso racimo y potasio disponible en el suelo, en el cultivo de banano.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Tabla de datos

Para realizar las capas de las dos variables de estudio, se crearon tablas de datos: la tabla A con datos de potasio disponible en el suelo, recabados a partir de análisis de suelos realizados y la tabla B con los diferentes pesos de racimos obtenidos en el área de la finca estudiada.

En la figura 31, se muestran las tablas de datos creadas y visualizadas a través de un sistema de información geográfica (SIG), estas contienen una serie de datos organizados

y relacionados entre sí. La información se divide en campos como: FID, shape, Área (Ha), Parcela y Peso (lb) para el caso de datos de los pesos (tabla A) y en los datos de potasio (tabla B), se encuentran los campos FID, shape y potasio (meq/g).

A

FID	Shape *	Área_ha	Parcela	ORIG_FID	Peso_lb
0	Point	1.792024	C1V1	0	55.59
1	Point	2.074452	C1V3	2	54.16
2	Point	2.337609	C1V4	3	52.31
3	Point	2.310702	C1V6	5	62.37
4	Point	2.330921	C2V6	6	60.94
5	Point	1.986493	C3V1	7	56.86
6	Point	2.203653	C3V2	8	63.05
7	Point	2.257668	C3V3	9	61.48
8	Point	2.539556	C3V4	10	67.92
9	Point	2.526377	C3V5	11	57.44
10	Point	2.511156	C3V6	12	54.28
11	Point	2.518003	C4V3	16	66.58
12	Point	2.298242	C4V2	17	66.32
13	Point	2.01055	C4V1	18	59.27
14	Point	2.05063	C5V1	19	58.42
15	Point	2.783395	C5V4	20	67.94
16	Point	2.72911	C5V5	21	64.82
17	Point	2.677895	C5V6	22	61.55
18	Point	2.398008	C6V6	23	60.22
19	Point	2.173134	C6V3	26	60.75
20	Point	2.16076	C2V2	32	56.43
21	Point	2.268366	C2V3	33	62.96
22	Point	2.393417	C2V4	34	57.32
23	Point	2.442166	C2V5	35	63.37
24	Point	2.464183	C5V3	36	65.57
25	Point	2.380314	C5V2	37	63.31
26	Point	0	C1V2	0	48.12

B

FID	Shape *	Meq_K
0	Point	1
1	Point	1
2	Point	1
3	Point	1
4	Point	1
5	Point	1
6	Point	1
7	Point	1
8	Point	1
9	Point	1
10	Point	1.05
11	Point	1.05
12	Point	1.05
13	Point	1.05
14	Point	1.05
15	Point	1.05
16	Point	1.05
17	Point	1.05
18	Point	1.05
19	Point	1.05
20	Point	1.23
21	Point	1.23
22	Point	1.23
23	Point	1.23
24	Point	1.23

Figura 31. Estructura de las tablas de datos con la información recabada en la finca bajo estudio.

2.5.2. Interpolación de datos por el método de distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en inglés)

En la interpolación realizada con el método IDW se obtuvo una predicción del comportamiento de las variables analizadas, en este caso la disponibilidad del potasio en el suelo y los pesos de racimos. Se clasificaron las capas en una escala de cuatro niveles para obtener una mejor presentación.

En el caso de los pesos de racimos se utilizó una escala de cuatro niveles utilizada por la finca.

Se observa en la figura 32, el comportamiento del potasio en el suelo. Obtenido a través de la interpolación por el método IDW de las cantidades de potasio disponible en el suelo representados en meq/100 g de suelo recabados a través de los análisis realizados por el laboratorio. Al realizar la interpolación podemos observar que las cantidades de potasio siguen una distribución descendiente en dirección al Oeste y que los niveles de potasio en el suelo se encuentran en un rango alto en el área de investigación, debido a que las cantidades en el suelo son mayores a 0.5 meq/100 g, según Figueroa & Lupi (2016), es el rango medio para obtener un buen rendimiento en la producción del cultivo de banano.

Este comportamiento del potasio disponible en el suelo lo podemos atribuir a el sistema de riego, ya que la aplicación de nutrientes es por medio de fertirriego, donde existe mayor presión de descarga existe mayor cantidad de aplicación de nutrientes, en el caso del área de investigación donde existe mayor cantidad de potasio es en las áreas que se encuentran más cercanas al bombeo de riego. En la figura 33, se muestra la ubicación del sistema de bombeo.

En la figura 34, se presenta la distribución espacial de los pesos de racimo encontrados en el área de estudio, en la cual podemos observar un comportamiento similar al de las cantidades de potasio disponibles en el suelo.

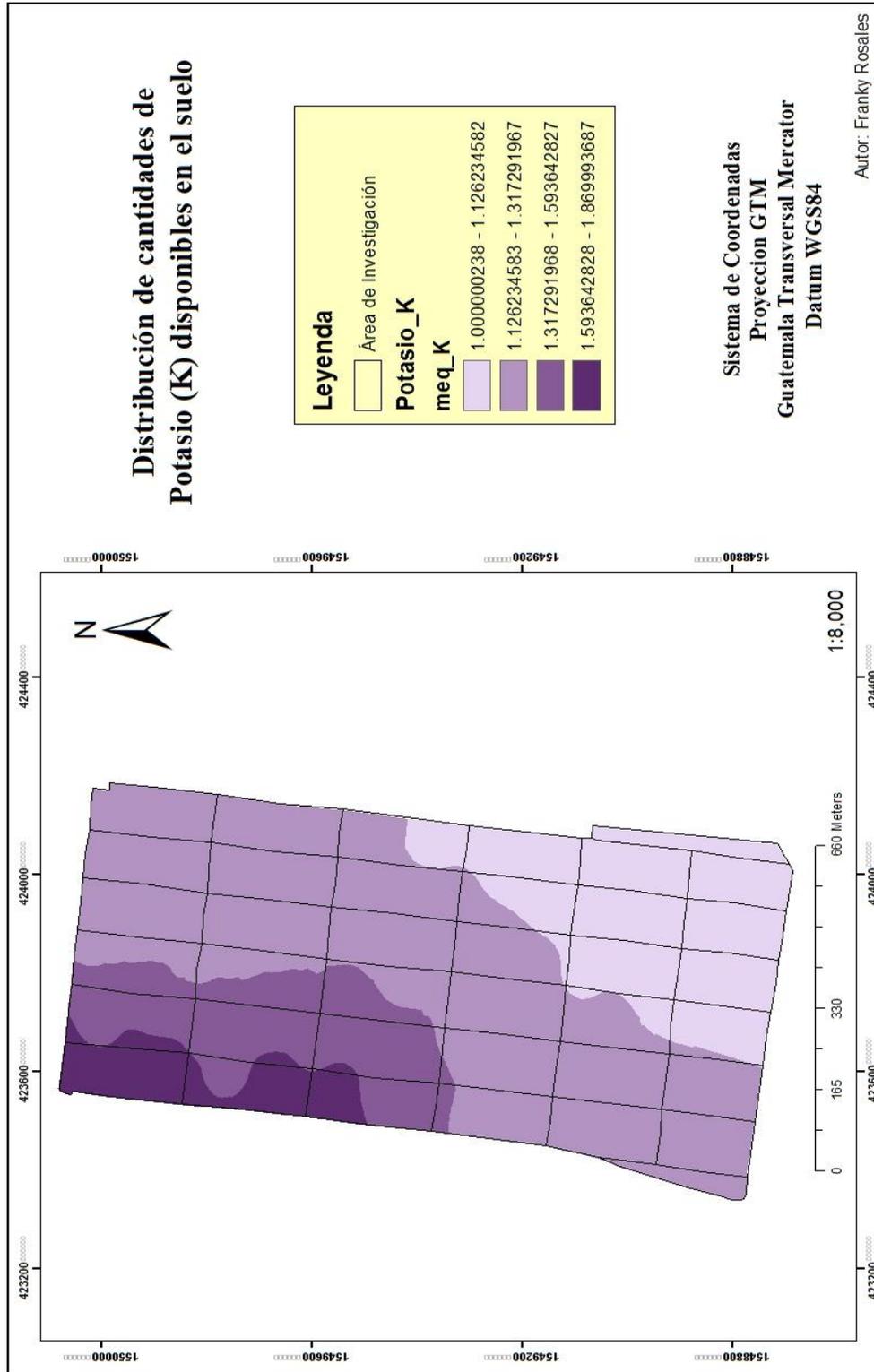
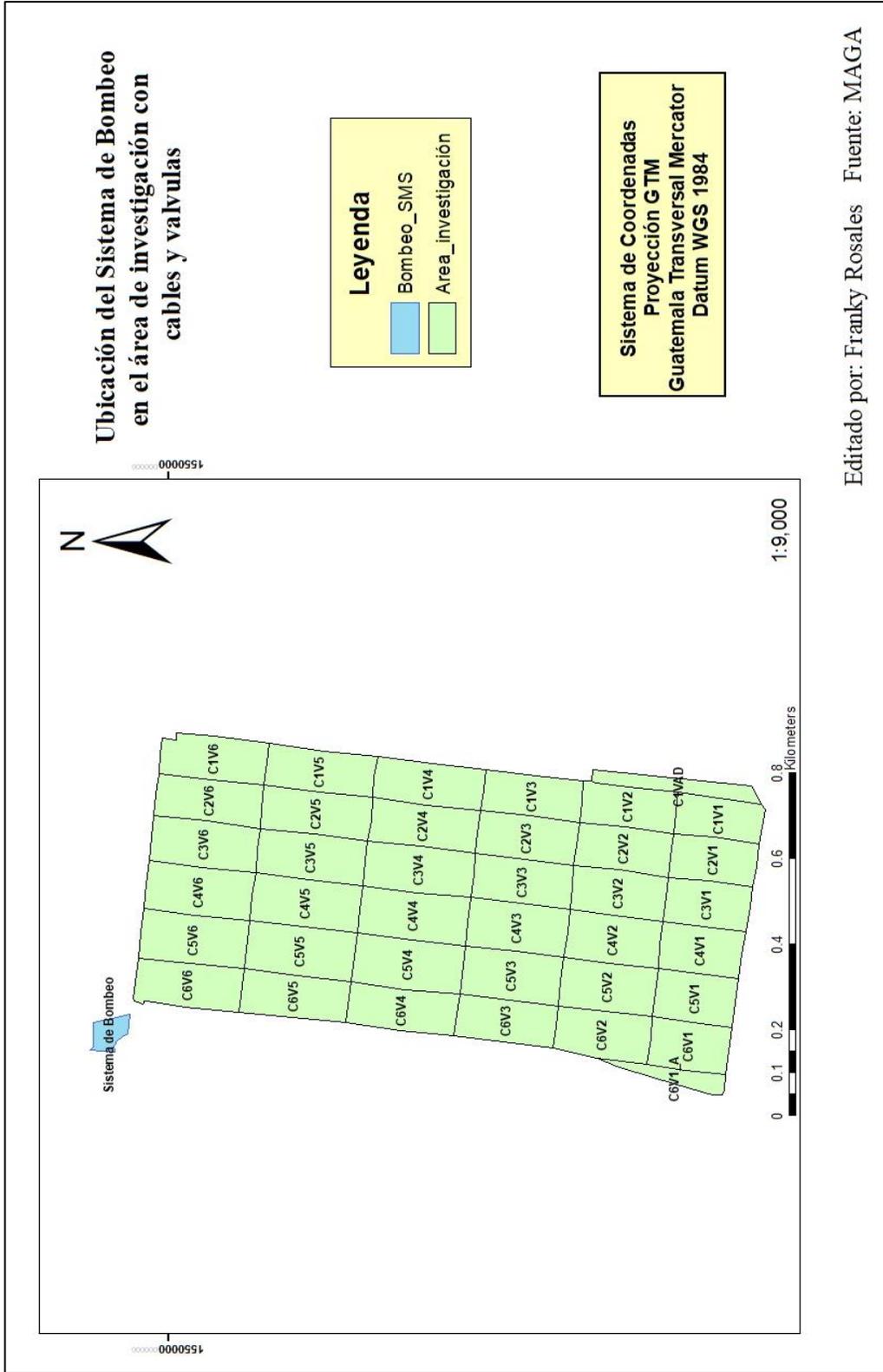


Figura 32. Mapa de potasio disponible en los suelos del área bajo investigación.



Editado por: Franky Rosales Fuente: MAGA

Figura 33. Mapa de ubicación del sistema de bombeo de la finca San Miguel Sur.

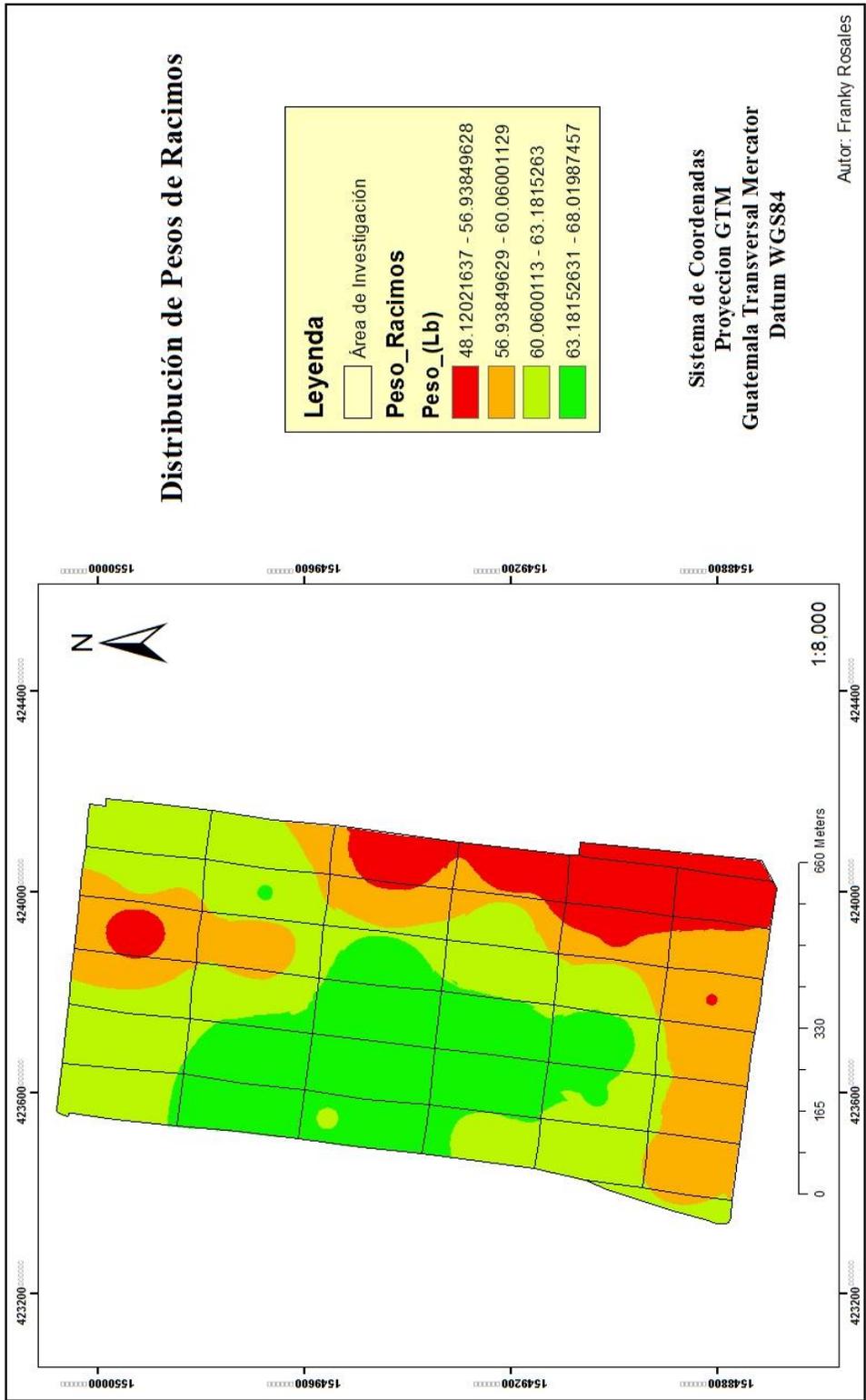


Figura 34. Mapa de distribución de pesos de racimos que se presentan en el área de investigación.

Al observar las dos capas de las variables en estudio se aprecia la relación en el comportamiento espacial: donde existen cantidades bajas de potasio disponible en el suelo se encuentran los pesos de racimo más bajos.

El potasio es absorbido por la planta, cumple con funciones de catalizar los procesos de la respiración, la fotosíntesis, la formación de clorofila y la regulación del contenido de agua en las hojas, al mismo tiempo según López & Espinosa (1995), el potasio es importante en el transporte de fotoasimilados al fruto, dándose así mismo el transporte de los carbohidratos, proceso que permite el llenado de la fruta y por lo tanto determinante en el rendimiento.

En donde se encuentra una cantidad de potasio disponible en el suelo en el rango de 1.31 a 1.56 meq/100 g de suelo, se observó un mayor peso de racimos, lo cual influye en el rendimiento obtenido.

2.5.3. Identificación de áreas críticas poco productivas

Con las capas generadas de los diferentes pesos que se encuentran en el área de investigación, podemos definir áreas con baja productividad, estas presentan pesos muy bajos y a la vez presentan las menores cantidades encontradas de potasio disponible en el suelo.

Con la capa generada de los pesos de racimo obtenidos, se identifican zonas de bajos rendimientos. Esto se logra con base a la escala dada por los rangos de pesos. Los cuales se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Escala de pesos de racimo utilizada por la finca.

Peso (lb)	Nivel
48.12 a 56.93	Bajo
56.93 a 60.06	Medio
60.06 a 63.18	Bueno
63.18 a 68.01	Muy Bueno

En la figura 35, se muestran las zonas con bajo rendimiento, en la válvula de riego uno, de los cables seis, cinco y cuatro; válvulas uno y dos, del cable dos; válvulas uno, dos, tres y cuatro del cable uno. Estas se encuentran más alejadas del área de bombeo y así mismo cuentan con menos disponibilidad del nutriente de potasio en el suelo. En la figura 32, se presentan, para estas áreas, las cantidades de potasio disponible en el suelo en el rango de 1.0 a 1.31 meq/100 g de suelo. Los pesos de racimos están en el rango de 48.12 a 60.06 lb. También, se identificaron con bajo rendimiento las válvulas cinco y seis del cable tres con los mismos rangos.

El área con mejor rendimiento en peso de racimos es el cable cinco y seis, con las válvulas dos a la seis; pesos entre 60.06 a 68.01 lb y mayor cantidad de potasio disponible en el suelo en el rango de 1.31 a 1.59 meq/100 g. En estas áreas se encontraron hasta 1.8 meq de potasio disponible, el peso del racimo tiende a disminuir.

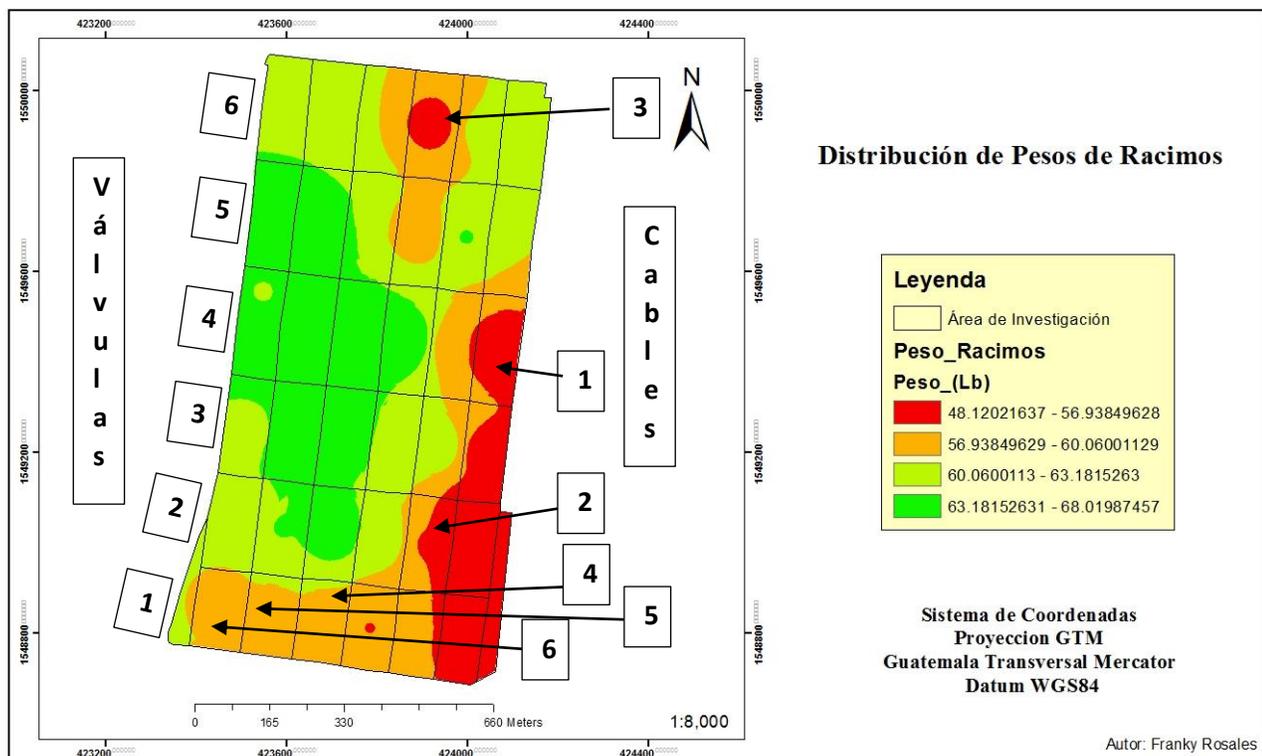


Figura 35. Mapa de identificación de áreas productivas con bajo rendimiento.

2.5.4. Análisis estadístico

Para determinar la asociación entre las dos variables, se realizó un análisis de regresión lineal simple en el software de InfoStat®, obteniendo resultados presentados en el cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de regresión lineal (salidas) del Software InfoStat®.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP (Error Cuadrado Medio de Predicción)	AIC (Criterio de Información de Akaike)	BIC (Criterio de Información Bayesiano de Schwarz)
Peso racimo (lb)	95	0.68	0.67	3.60	391.67	401.88

El valor del coeficiente de R² ajustado es de R² Aj = 0.68 el cual presenta una ventaja ya que este valor se encuentra entre -1 y 1, e indica una relación positiva. Para confirmar lo anterior y determinar qué tipo de relación existe entre las variables se analizaron los resultados del software InfoStat® que se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados.

Coef	Est.	E.E. (Error Estándar)	LI (Límite Inferior) 95 %	LS (Límite Superior) 95 %	T	p-valor	CpMallows	VIF (Factor de Inflación de la Varianza)
Const	-6.20	6.61	-19.33	6.92	-0.94	0.3504		
Potasio (meq/g)	92.21	9.91	72.53	111.89	9.31	<0.0001	87.69	105.51
Potasio (meq/g) ²	-30.04	3.64	-37.27	-22.80	-8.24	<0.0001	69.24	105.51

Para verificar la relación funcional que eventualmente existe entre las dos variables cuantitativas se presentan las salidas del programa de InfoStat® de una regresión lineal simple, donde se evalúa el nivel de significancia de una relación lineal y el nivel de significancia de una relación cuadrática ya que se desconoce el modelo de relación de las dos variables. Obteniendo en ambas un nivel de significancia <0.0001 (p-valor) el cual es menor de 0.05, nos indica que tanto la relación lineal como la relación cuadrática son significativas. Para identificar el modelo (lineal o cuadrático) que se ajusta más a la relación existente entre las variables (potasio disponible en el suelo y peso de racimo) se realizó un gráfico de dispersión en Excel® (figura 36).

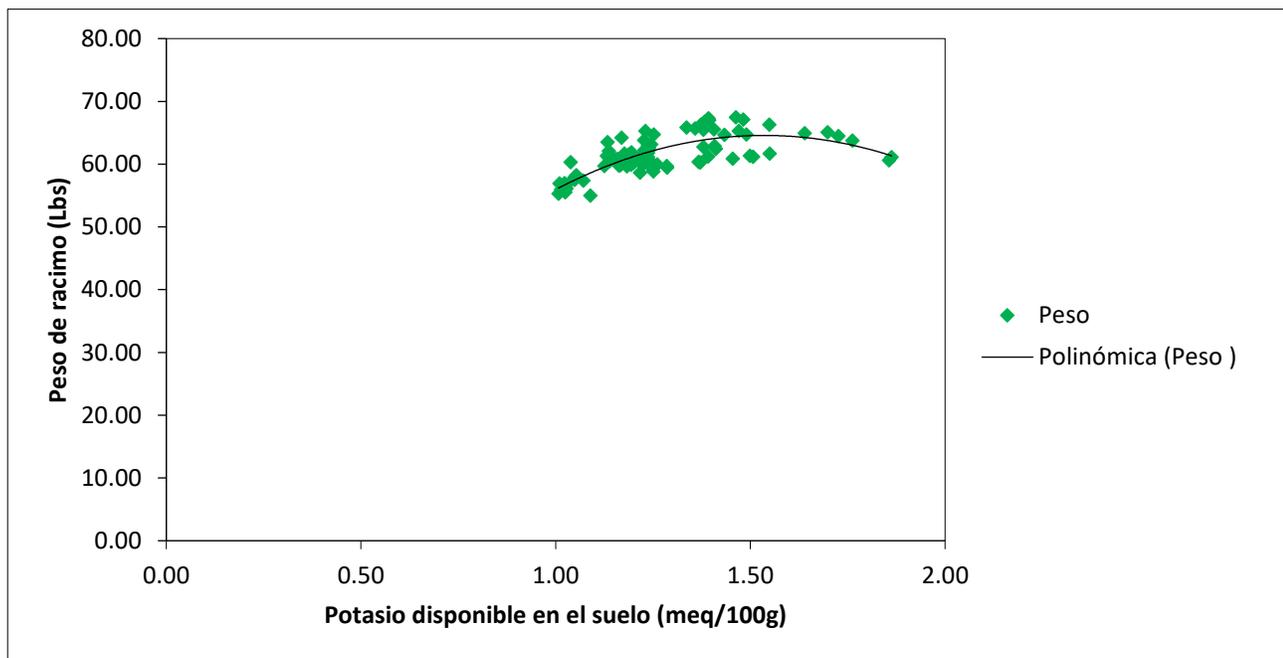


Figura 36. Gráfico de dispersión del rendimiento de banano, en peso de racimo tomados en la etapa de cosecha.

Como resultado obtenemos que la tendencia de los datos se ajusta más a una ecuación polinómica de grado dos, y a la vez se obtiene la ecuación:

$$Y = -30.15X^2 + 92.541X - 6.4374$$

donde: “Y” es la variable dependiente (peso de racimo en Lb), “X” la variable independiente (meq/100 g de potasio disponible en el suelo) y “X²” la variable independiente (meq/100 g de potasio disponible en el suelo) elevada al cuadrado. Presentando un R² = 0.68, al igual que el obtenido por medio del software InfoStat®.

El valor de R² obtenido no se debe utilizar en forma aislada para evaluar una ecuación de regresión que mejor se ajuste al comportamiento de los datos, ya que este va a depender del número de observaciones utilizadas en la muestra, para ello se utiliza el R² ajustado en un intento de corregir los errores presentados.

Para verificar el modelo encontrado por medio de Excel® se ingresaron los datos de las variables en este caso una muestra correspondiente a 95 datos, al software Curve Expert® el cual tiene la función de evaluar varios modelos de regresión entre los cuales se encuentran los polinomiales e identifica el modelo que más se ajusta a los datos y la relación entre las variables. Obteniendo como resultado el modelo más ajustable al comportamiento de los datos:

$$Y = a+bx+cx^2$$

ó

$$Y = A + B x (\text{cantidad de potasio meq/100g}) + C x (\text{cantidad de potasio meq/100g})^2$$

Donde:

Y = variable dependiente, a = variable independiente, b = coeficiente lineal y c = coeficiente cuadrático o principal.

Este modelo corresponde a un ajuste cuadrático, para realizar una corroboración de este, verificando la significancia presentada por el p-valor menor a 0.05 obtenido con anterioridad del modelo cuadrático y demostrar que no se obtuvo al azar, se ingresó en el software InfoStat® el modelo obtenido por el software Curve Expert® y se obtuvieron los resultados presentados en el cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de regresión no lineal.

Variable	N	CMError	Sigma	AIC	BIC	Iteración		
Peso	95	3.43	1.85	391.67	401.88	4		
Parámetros de la ecuación	Cota inf.	Cota sup.	Val.Ini	Estimación	E.E. (Error Estandar)	T	p-valor	
A	-1E+30	1E+30	1.0E-03	-6.20	6.61	-0.94	0.3504	
B	-1E+30	1E+30	1.0E-03	92.21	9.91	9.31	<0.0001	
C	-1E+30	1E+30	1.0E-03	-30.04	3.64	-8.24	<0.0001	

En el cuadro 7, observamos la evaluación del modelo presentado. Para ajustar este modelo a los datos de nuestras variables, la mayoría de los parámetros deben ser significativos como lo es en este caso, ya que obtuvimos un p-valor igual a <0.0001 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, podemos ajustar este modelo cuadrático a nuestros datos.

A continuación, se presentan los valores de los parámetros de la ecuación (a, b y c) ajustados, los cuales corresponden a: a = -6.20, b = 92.21 y c = -30.04, quedando el modelo encontrado de la siguiente manera:

$$Y = -6.20 + 92.21X - 30.04 X^2$$

Al comparar los dos modelos obtenidos uno a través del software Excel® y el otro más ajustado a través de los softwares Curve Expert® e InfoStat® (cuadro 8), los dos son similares, en esta ocasión se elige el segundo para representar a través de este, la relación existente entre las dos variables evaluadas las cuales son peso del racimo en lb y cantidad de potasio disponible en el suelo en meq/100 g de suelo.

Cuadro 8. Modelos generados.

Software Excel®	Software InfoStat® y Curve Expert®
$Y = -30.15X^2 + 92.541X - 6.4374$	$Y = -6.20 + 92.21X - 30.04 X^2$

Se sabe que el peso del racimo es determinante para la productividad del cultivo de banano ya que a partir de este se va a determinar el peso de exportación, con el análisis estadístico realizado en este trabajo se puede observar que, en el área seleccionada para realizar la investigación, las cantidades de potasio disponibles en el suelo tienen una relación con el peso a obtener de un racimo. Por lo tanto, se puede afirmar que el peso del racimo está influenciado con la cantidad de potasio disponible en el suelo, por lo cual se identificó que estas dos variables intervienen en el rendimiento del cultivo de banano.

Basados en el modelo encontrado se observó que en los niveles de potasio más bajos presentados en el área de estudio se obtienen pesos menores como también sucede en las áreas que presentan mayor cantidad de potasio disponible en el suelo presentan pesos menores.

Con esto se puede observar que existe un límite en lo que respecta a la cantidad de potasio disponible en el suelo para poder obtener el mayor rendimiento en pesos del cultivo de banano (*Musa sp.*), y luego de este límite el rendimiento en pesos de racimo empiezan a ser decrecientes. Confirmando así la ley del mínimo de Liebig, esto siempre y cuando no haya influencia de otros factores limitantes que sean determinantes en el rendimiento del cultivo de banano.

En el cuadro 9, se presentan los pesos de racimo a obtener según la cantidad de meq/100 g de potasio disponibles en el suelo, teniendo el mejor peso de 64.56 lb con una cantidad de 1.54 meq/100 g disponibles de potasio en el suelo. A cantidades menores de esta los pesos son menores y a cantidades más altas la cantidad de potasio ya no es significativa para obtener un mayor peso, como se observa que a 1.86 y 2.0 meq/100 g de suelo, del potasio disponible los pesos de racimo a obtener son decrecientes 62.45 lb y 59.06 lb. Esto también se representa en el comportamiento de la gráfica de la figura 36.

Cuadro 9. Utilización de modelo ajustado encontrado.

meq/100 g (Potasio)	Modelo ajustado a utilizar $Y = -6.20 + 92.21X - 30.04 X^2$	Peso por obtener (lb)
X=1.00	$Y = -6.20 + 92.21(1.00) - 30.04 (1.00)^2$	55.97
X=1.20	$Y = -6.20 + 92.21(1.22) - 30.04 (1.22)^2$	61.19
X=1.54	$Y = -6.20 + 92.21(1.73) - 30.04 (1.73)^2$	64.56
X=1.86	$Y = -6.20 + 92.21(1.86) - 30.04 (1.86)^2$	62.45
X=2.00	$Y = -6.20 + 92.21(1.73) - 30.04 (1.73)^2$	58.06

Según Lupi y Mercedes (2016), se recomiendan desde un mínimo de 500 kg/ha de potasio soluble cuando el nivel de este nutriente en el suelo se encuentra alrededor de un valor mayor de 0.5 meq/100 g, investigaciones realizadas en Costa Rica demostraron que la mejor respuesta económica se consigue con dosis entre 600 y 675 kg de potasio/ha/año, estas aun en suelos con alto contenido de potasio (Figueroa & Lupi, 2016). La finca San Miguel Sur en el área de estudio cuenta con cantidades altas de potasio, sin embargo, estas necesitan de aplicaciones altas de este nutriente para poder obtener un mejor rendimiento del cultivo.

Según López y Espinosa (1995), el fruto de banano tiene un alto contenido de potasio aproximadamente 370 mg/100 g de pulpa. Esto nos indica que el potasio es removido del campo en cantidades muy altas, esto a través del potasio absorbido por la planta y extraído del campo por medio de los racimos cosechados, se estima que las pérdidas por remoción por medio de la fruta pueden ser de 400 kg de potasio/ha/año, en producciones que alcanzan las 70 T/ha de fruta. Por lo tanto, el banano necesita de un alto suplemento de potasio, aun en áreas de suelos con altos niveles de este elemento como lo es en la finca San Miguel Sur (López & Espinosa, 1995).

Para el área de estudio se identificó que se obtienen los mejores pesos de racimo cuando se encuentran disponibles en el suelo 1.54 meq/100 g de potasio. Y a los niveles de 1.55 meq/100 g de potasio, ya no se presentan aumentos en el peso de racimo sino estos empiezan a ser decrecientes. Con esto podemos aprovechar de una mejor manera y más eficientemente el recurso de fertilización, disminuir los costos y a la vez obtener una mayor producción en el peso de racimos y por consiguiente en el peso de exportación.

2.6. CONCLUSIONES

1. La variabilidad espacial y temporal del rendimiento del cultivo de banano representada a través de un mapa se encuentra relacionada a la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, en este caso se determinó que los rendimientos presentados por el peso de los racimos tienen una alta dependencia de las cantidades de potasio que se encuentren disponibles en el suelo.
2. La relación existente entre las variables pesos de racimo y cantidades disponibles de potasio en el suelo es presentada a través de un modelo cuadrático con un R^2 ajustado = 68 %, debido a esto se puede decir que el rendimiento en peso de racimo del cultivo de banano se encuentra altamente asociada a la variable de cantidad de potasio disponible en el suelo.
3. Se identificaron tres puntos de áreas de bajo rendimiento en la finca San Miguel Sur, las cuales corresponden el primero a las válvulas 1, 2, 3, y 4 de los cables 1 y 2, el segundo a las válvulas 1 de los cables 3, 4, 5 y 6, y el tercero correspondiente a las válvulas 5 y 6 del cable 3. En estas áreas se tienen pesos de racimo de un mínimo de 48 lb a un máximo de 60 lb.
4. Se generó una ecuación ajustada para evaluar y representar la relación existente del peso del racimo en libras y la cantidad de potasio disponible en el suelo en miliequivalentes por cien gramos de suelo, siendo esta $Y = -6.20 + 92.21X - 30.04X^2$, donde "X" es la cantidad de potasio disponible y "Y" el peso del racimo.

2.7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un análisis donde se incluyan más factores que estén relacionados a la productividad del cultivo de banano (*Musa sp.*). Debido a que en este estudio solo se toman en cuenta dos de ellos.
2. Se pudo observar en el comportamiento de la variable de cantidades de potasio disponibles en el suelo que esta tiende a disminuir conforme el área se encuentra más alejada del sistema de bombeo del riego. Por lo cual se asume que la cantidad de potasio en el suelo está siendo afectada por el sistema de riego, por tal motivo se recomienda tomarlo en cuenta.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alesso, C. A., Carrizo, M. E., & Imhoff, S. d. (2016). *Mapping soil compaction using indicator kriging in Santa Fe province, Argentina*. Santa Fe, Argentina: Universidad Nacional del Litoral (UNL) / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
2. Andrade, I., Hormazábal, S., & Correa-Ramírez, M. (2014). *Time-space variability of satellite chlorophyll-a in the easter island province, southeastern Pacific ocean*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
3. Asociación Nacional de Cafe, Guatemala (ANACAFE). (2004). *Cultivo de banano*. Obtenido de ANACAFE:
<http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/2004-12/33/6/Cultivo%20de%20Banano.pdf>
4. Banco de Guatemala (BANGUAT). (2016). *Importaciones y exportaciones por producto de la industria Agropecuaria*. Obtenido de BANGUAT:
http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/comercio/por_producto/prod0207DB001.htm
5. Bertsch, F. (1998). La planta en la nutrición vegetal . En F. Bertsch, *La fertilidad de los suelos y su manejo* (págs. 9-20). San José, Costa Rica : Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS).

6. Bosch Mayol, M., Costa, J. L., Cabria, F. N., & Aparicio, V. C. (2012). *Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo*. Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina Ciencia del Suelo (AACCS).
7. Burbano Garcés, M. L., & Figueroa Casas, A. (2014). Variabilidad espacio-temporal de aniones (SO₄ y Cl) en el agua lluvia de Popayán, Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(26), 13-28.
8. Camacho-Tamayo, J. H., Luengas, C. A., & Leiva, F. R. (2008). *Effect of agricultural intervention on the spatial variability of some soils chemical properties in the eastern plains of Colombia*. Puerto López, Colombia: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
9. Castañeda Sanchez, D. A., Jaramillo Jaramillo, D. F., & Cotés Torres, J. M. (2014). *Selección de propiedades del suelo espacialmente relacionadas con producción en el cultivo de banano*. Argentina: Asociación Argentina Ciencia del Suelo (AACCS).
10. Chacón Iznaga, A., Aguila Alcántara, E., Pereira Marín, C. A., & Fernández Martínez, O. (2006). Evaluación del impacto ambiental (EIA) de la tecnología de producción de platano y banano en la UBPC "Capitán Roberto Rodríguez" de Villa Clara. 33(1), 51-56.
11. Chávez-Velazco, C., & Araya-Vargas, M. (2009). *Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (Musa AAA) en Ecuador*. Ecuador : Agronomía Mesoamericana .
12. Cigales, M., & Pérez, O. (2011). *Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México*. Colima, México: Avances en Investigación Agropecuaria (AIA).
13. Córdoba, M., Balzarini, M., Bruno, C., & Costa, J. L. (2012). *Análisis de componentes principales con datos georreferenciados; Una aplicación en agricultura de precisión*. Argentina: Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias .
14. Dario Castañeda, J. C. (2009). *Metodología para el manejo y uso del suelo por sitio específico en el cultivo de banano*. Carepa, Antioquia, Colombia: AUGURA.
15. de Estrada, F. (2014). Producción y exportación de banano en Guatemala. *AGEXPORT*.
16. Escobar Pardo, O. F. (2015). *Respuestas espectrales a la fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano (Musa AAA simmonds), caso municipio zona Bananera*. Universidad Nacional de Colombia . Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad Ciencias Agrarias.

17. Espinosa, E., Hernández, M., Espinosa, A., Simó, J., De La C. Centura, J., Ruiz, L., . . . Armario, D. (2008). Manejo de cultivos asociados en plantaciones de banano y su efecto sobre el suelo. *Centro Agrícola* , 35(4), 87-88.
18. Figueroa, M. M., & Lupi, A. M. (2016). *Características y fertilización del cultivo de banano*. Obtenido de Fertilizando: <http://www.fertilizando.com/articulos/Caracteristicas%20y%20Fertilizacion%20Cultivo%20Banano.asp>
19. Garita, R. (1980). *Respuesta del banano (cultivar "Valery") a dosis crecientes de potasio en suelos de la zona de Guápiles*. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica . San José, Costa Rica: Corporación Bananera Nacional.
20. Iker Ezcara y Borda. (2012). *Agricultura de precisión: elaboración de mapas de consumo y resbalamiento*. España: UPNA.
21. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, Guatemala (INTECAP). (2011). *Consulta de necesidades de capacitación y asistencia técnica en empresa dedicadas al cultivo, recolección, manipulación, empaque y almacenamiento de banano*. Guatemala: INTECAP.
22. Jaramillo C., R. (1982). *Las principales características morfológicas del fruto de banano, variedad Cavendish Gigante (Musa AAA) en Costa Rica en* . Panamá, Panamá: Impretex S.A.
23. Jaramillo Dávalos, S. I., Vaca, I., Gálvez Moreno, L., Morales, W., & Amancha, G. (2016). *Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas de Banano*. AGROCALIDAD. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca / Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD).
24. Lizarazo Salcedo, I. A., & Carvajal, O. A. (2011). Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite "Elaeis guineensis" e híbrido O x G. *Revista de Ingeniería*, 33, 124-130.
25. López, A., & Espinosa, J. (1995). *Manual de nutrición y fertilización del cultivo de banano; Una visión práctica del manejo de la fertilización*. Quito, Ecuador, Ecuador : The International Plant Names Index (IPNI).
26. Molina-Gómez, F., Ruge, J. C., & Camacho-Tauta, J. (2018). *Variabilidad espacial un suelo arcilloso del sector Sabana Centro para la confiabilidad de asentamientos por consolidación primaria: caso de estudio Campus Nueva Granada*. Cajicá, Colombia: Universidad EAFIT.
27. Pentón, G., Martín, G. J., & Rivera, R. (2014). *Efecto de la combinación de HMA y fertilización química en las extracciones de nitrógeno y potasio realizadas por Morus alba*. Obtenido de Pastos y Forrajes, 37(1), 38-46:

scieloprueba.slv.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942014000100005&lng=es&nrm=iso

28. Pérez Armas, R., Francesena Negrín, M., Espinosa Cuéllar, E., & Castellanos González, L. (2014). *Indicadores del crecimiento, desarrollo y rendimiento de cinco cultivares híbridos de banano*. Obtenido de Centro Agrícola, 41(4), 73-78: cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V41-Numero_4/cag12414.pdf
29. Sawan, Z. M., Hafez, S. A., Alkassas, A. E., & Abou, E.-E. R. (2007). *Protein, oil yields, and oil properties as influenced by potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus*. Guiza, Egipto: Food Technology Research Institute.
30. Schwarz, K., Vilela-Resende, J. T., Pierozan-Junior, C., Tauffer-de Paula, J., Baier, J. E., De Souza-Silva, M. L., & Brendler-Oliveira, F. (2018). *Yield and nutrition of greenhouse-grown strawberries (Fragaria x ananassa (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier. cv. Camarosa) as affected by potassium fertilization*. Obtenido de Acta Agronómica, 67(1): www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-28122018000100114
31. Secretaria General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2010). *Plan de desarrollo La Gomera, Escuintla*. Guatemala: SEGEPLAN.
32. Simón, M., Peralta, N., & Costa, J. L. (2013). *Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes*. Córdoba, Argentina: Asociación Argentina Ciencia del Suelo (AACS).
33. Unidad de Políticas e Información Estratégica (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala) (UPIE); Programa de Emergencia por Desastres Naturales. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala*. MAGA, Guatemala . Guatemala: MAGA / UPIE / BID. Recuperado el Febrero de 2017
34. Vidal Martínez , J. L. (2003). *Dinámica del potasio en el suelo y su requerimiento por los cultivos (Tesis Mag. Sc.)*. Obtenido de Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales, Edafología: [http://research.ipni.net/research/mca.nsf/0/6a9653bb0916a89d85257be8008133d3/\\$FILE/Din%C3%A1mica_del_potasio._Marzo_5._Jose_Luis_Vidal.doc](http://research.ipni.net/research/mca.nsf/0/6a9653bb0916a89d85257be8008133d3/$FILE/Din%C3%A1mica_del_potasio._Marzo_5._Jose_Luis_Vidal.doc)
35. Yfran, M. d., Chabbal, M. D., Píccoli, A. B., Giménez, L. I., Rodríguez, V. A., & Martínez, G. C. (2017). *Fertilización foliar con potasio, calcio y boro. Incidencia sobre la nutrición y calidad de frutos en mandarina "Nova"*. Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

2.9. ANEXOS

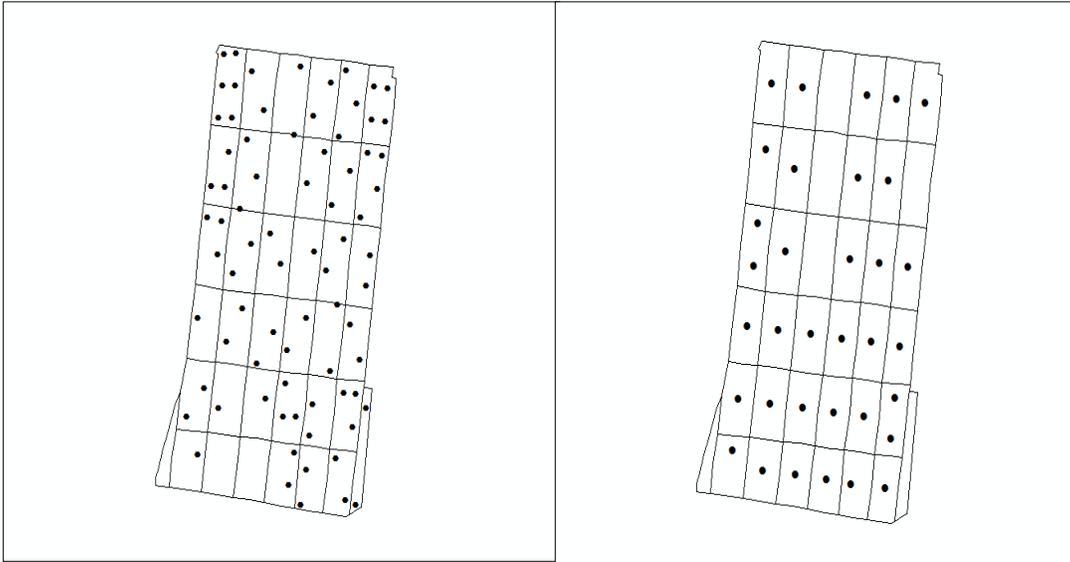


Figura 37A. Capas de puntos de las variables, creadas a partir de la información recolectada en campo.

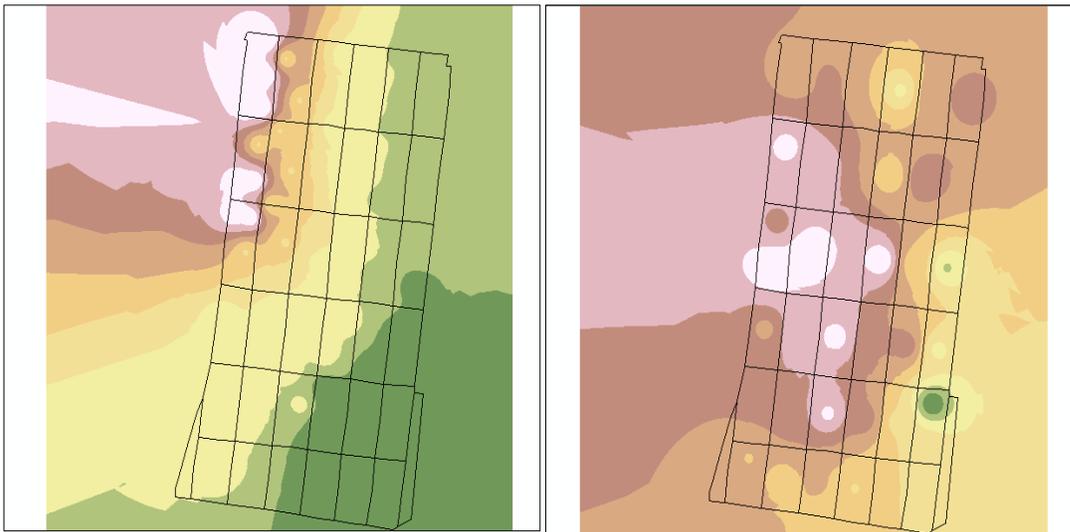


Figura 38A. Interpolación y comportamiento espacial que sigue cada variable evaluada.

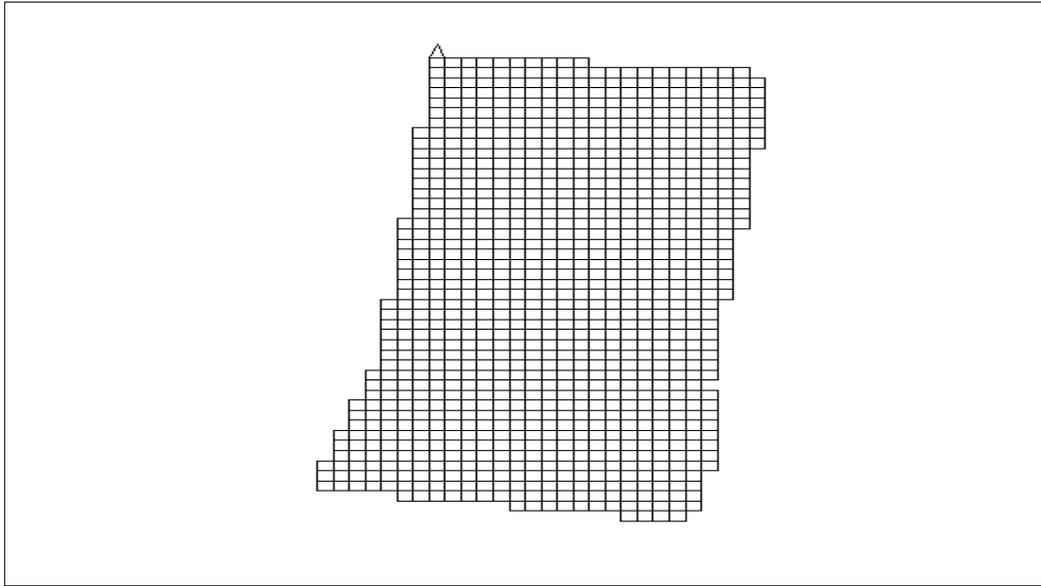


Figura 39A. Creación de polígonos con un tamaño de 30 m de ancho por 30 m de largo.

ID	X	Y	Potasio disponible (meq)	Peso_racimo (lb)
2	423744.5052000000	1548758.6520000000	1.0535	58.1953
3	423744.5052000000	1549508.6520000000	1.3796	65.4907
4	423564.5052000000	1548998.6520000000	1.2291	62.5418
5	423564.5052000000	1549958.6520000000	1.8561	60.5822
6	424014.5052000000	1549148.6520000000	1.0270	56.0619
7	424104.5052000000	1549598.6520000000	1.1628	59.7267
8	423864.5052000000	1549808.6520000000	1.2609	59.9225
9	423954.5052000000	1549028.6520000000	1.0249	55.5382
10	424044.5052000000	1549298.6520000000	1.0713	57.3587
11	423834.5052000000	1549868.6520000000	1.2853	59.6833
12	424074.5052000000	1549988.6520000000	1.1599	60.5691
13	423744.5052000000	1549058.6520000000	1.1698	64.2126
14	423894.5052000000	1548998.6520000000	1.0102	56.9051
15	423654.5052000000	1549748.6520000000	1.4898	64.7169
16	423744.5052000000	1550018.6520000000	1.5072	61.1482
17	423654.5052000000	1549418.6520000000	1.3830	66.7417
18	423744.5052000000	1549988.6520000000	1.4993	61.2873
19	423954.5052000000	1548788.6520000000	1.0249	56.0890
20	424104.5052000000	1549358.6520000000	1.0247	55.5125
21	424044.5052000000	1548878.6520000000	1.0182	55.8675
22	423564.5052000000	1549778.6520000000	1.5490	66.2802
23	423954.5052000000	1549268.6520000000	1.1393	60.5117

Figura 40A. Selección aleatoria de valores de peso y cantidad de potasio en el software Excel®.

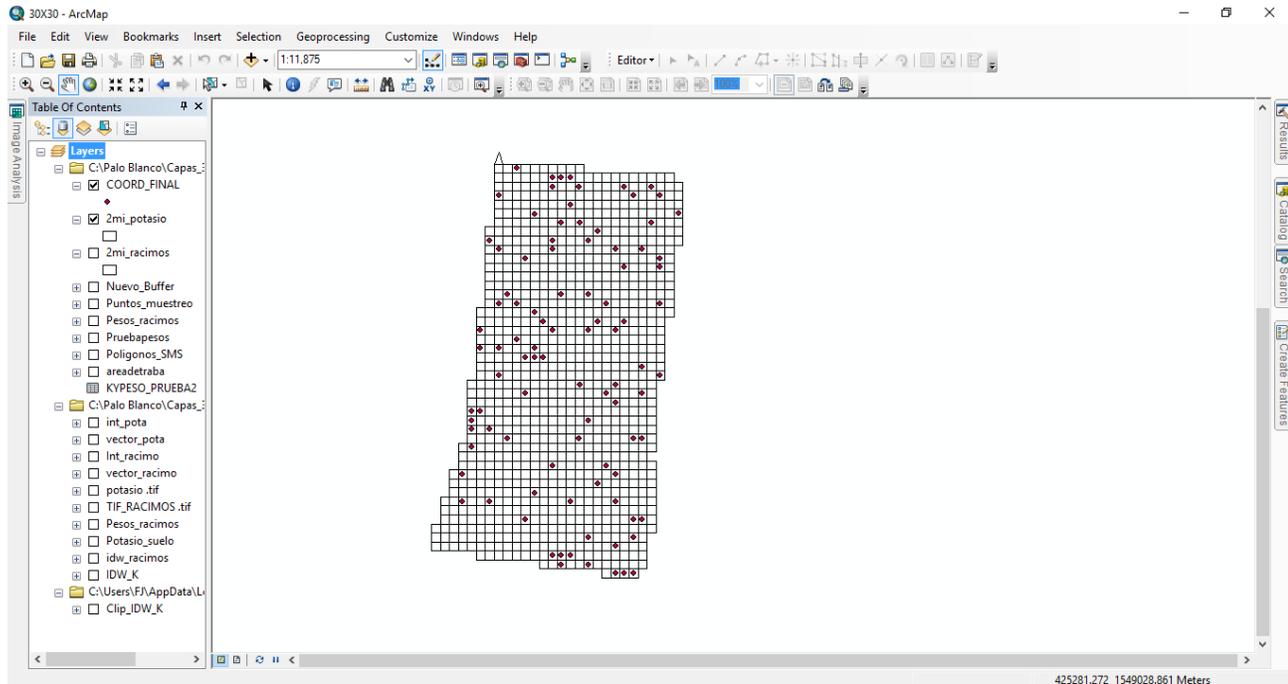
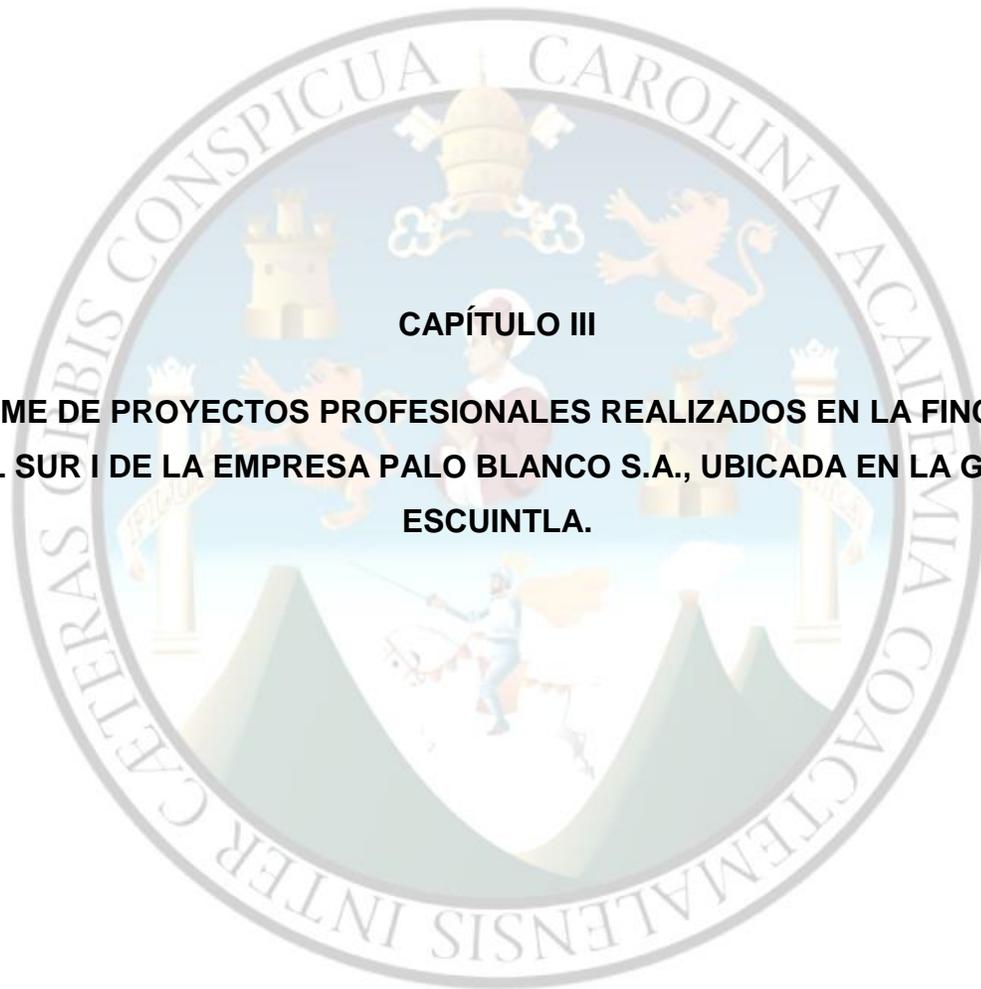


Figura 41A. Creación de shape de puntos con información de potasio disponible en el suelo y pesos de racimos de 95 polígonos (muestra 10 %).



CAPÍTULO III

INFORME DE PROYECTOS PROFESIONALES REALIZADOS EN LA FINCA SAN MIGUEL SUR I DE LA EMPRESA PALO BLANCO S.A., UBICADA EN LA GOMERA, ESCUINTLA.

3.1. PRESENTACIÓN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía y en respuesta a lo observado en el diagnóstico realizado y los requerimientos del área de producción de la finca San Miguel de la empresa Palo Blanco S.A., se planificaron y ejecutaron investigaciones durante el período de agosto 2016 a mayo 2017.

1. Clasificación espacial de la textura de los suelos agrícolas de la finca San Miguel Sur I.
2. Manual de las actividades de los procesos precosecha y postcosecha del fruto de banano para exportación.

Los informes de los proyectos se incluyen en los anexos 1 y 2. Cumpliendo con la planificación inicial.

ANEXO 1 DEL CAPÍTULO III. Clasificación espacial de la textura de los suelos agrícolas de la finca San Miguel Sur I, La Gomera, Escuintla.

1. PRESENTACIÓN

La textura del suelo es una característica importante, comprende el tamaño de las partículas que lo conforman, las cuales son arena, limo y arcilla. Las partículas están relacionadas con reacciones físicas y químicas del suelo, dichas reacciones son de importancia para el desarrollo de los cultivos y su productividad. (Fernández 1991). El conocimiento de la textura nos ayuda a mantener la sustentabilidad del recurso edáfico (Castillo, Corral, Eguiarte, & Garnica, 2008).

Siguiendo el objetivo de determinar la distribución espacial de la textura del suelo en la finca San Miguel Sur I, se realizaron muestreos de campo y procesos de interpolación espacial. Presentando las texturas de la finca en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

La textura de los suelos de la finca San Miguel Sur I son predominantes de textura franco, seguidos de arcillosos. Suele encontrarse en áreas pequeñas texturas diferentes a las predominantes, por lo cual la generación de la información de diferentes puntos de muestreo es útil, para obtener un mejor manejo de estos suelos al tener una clasificación con mayor precisión de las texturas encontradas. Se utilizó como criterio de muestreo el método de determinación en campo de textura al tacto y para determinar la textura se debe de realizar un estudio y muestreo a más detalle, debido a que el método utilizado no es exacto, ya que se determina en campo e influye el criterio del investigador.

El método de interpolación utilizado fue el de distancia inversa ponderada (IDW, por sus siglas en inglés), uno de los más comunes por su sencillez de cálculos. Según De la Mora et al., (2004) este método realiza los cálculos utilizando un promedio ponderado de valores muestreados para obtener el valor de los sitios no muestreados. El área total de la finca bajo investigación fue de 151.02 ha, de las cuales 78.55 ha con textura franca (52.01 %), 66.22 ha arcilloso (43.85 %) y 6.25 ha arenoso (4.14 %).

2. MARCO TEORICO

2.1. Marco conceptual

La textura del suelo es importante en cualquier cultivo agrícola, en el caso del cultivo de banano la textura tiene influencia en la cantidad de humedad disponible, la retención de nutrientes y la disponibilidad de estos para la planta. El cultivo de banano necesita de una alta aireación de raíces, para lo cual también se debe considerar la textura en la creación de drenajes y aireación para la planta (Castillo, Corral, Eguiarte, & Garnica, 2008).

2.2. Textura de un suelo

La textura de un suelo corresponde a la proporción de las partículas que lo constituyen, también está relacionada con el tamaño de las partículas de los minerales que lo forman, por lo cual la textura de un suelo se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varias partículas. Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de las plantas (Castillo, Corral, Eguiarte, & Garnica, 2008).

La textura es determinada a través de la distribución proporcional de los diferentes tamaños de partículas minerales de un suelo. Es considerada una propiedad básica, ya que los tamaños de las partículas minerales y la proporción relativa de los grupos varían considerablemente entre los suelos, pero estos no se pueden alterar fácilmente (Castillo, Corral, Eguiarte, & Garnica, 2008).

Todos los suelos están conformados a partir de una mezcla de partículas, las cuales constan de tamaños similares por lo que se ha realizado una clasificación con base en los límites del diámetro en milímetros (Cuadro 1). La clasificación textural de los suelos se da a través de cuatro tipos fundamentales: arenosos, francos, limosos y arcillosos.

Cuadro 1. Clasificación de las partículas del suelo según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Nombre de la partícula límite del diámetro en mm	Tamaño
Arena muy gruesa	1.0 a 2.0
Arena gruesa	0.5 a 1.0
Arena mediana	0.25 a 0.5
Arena fina	0.10 a 0.25
Arena muy fina	0.05 a 0.10
Limo	0.002 a 0.05
Arcilla	menor de 0.002

Fuente: USDA ,2017.

2.3. Método utilizado para determinación de texturas

El método utilizado, es uno de los propuestos por la FAO el cual es llamado: prueba de manipulación. Se utilizó este método, tomando en cuenta, que en la finca no se cuenta con los recursos y equipo para obtener datos más precisos de textura y es un método rápido. Los métodos de campo como determinación de la textura al tacto son poco precisos, pero de gran utilidad por su facilidad y por los recursos simples para llevarlo a cabo. Otros métodos como, el método de Bouyoucos o de la Pipeta tienen mayor precisión, pero son complejos y requieren de equipos especializados para su obtención (FAO, 2017).

En la toma de muestras se utilizó el recurso existente, barreno tipo holandés y se determinó la textura en campo de acuerdo con este método.

2.4. Marco referencial

La finca San Miguel Sur I, ubicada en el municipio de La Gomera, Escuintla, cuenta con un área de 151.02 hectáreas de suelos agrícolas utilizados para la producción de banano. La planta empacadora de esta se sitúa entre las coordenadas 14°1'4.03" latitud Norte,

91°12'18.16" longitud Oeste. Presenta una altitud aproximada de 17 m s.n.m. La precipitación pluvial media anual es de 1200 mm a 2000 mm, siendo mayo el más lluvioso con 310 mm; la temperatura media es de 28 a 39 °C, siendo abril el más cálido (ICC, 2017).

En el área comprendida de la finca bajo estudio predominan los suelos correspondientes al orden molisol, estos son suelos con alto contenido de materia orgánica, superficie gruesa y oscura, más del 50 % de saturación de bases, altamente fértiles y se encuentran en su mayoría en superficies planas (UPIE, 2000).

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo general

Presentar las diferentes clases texturales de los suelos a través de un mapa por medio de un sistema de información geográfica (SIG) de los suelos agrícolas de la finca San Miguel Sur I, La Gomera, Escuintla.

4. METODOLOGÍA

4.1. Verificación de texturas del suelo a través del mapa actual de la finca

Se realizó una verificación de las texturas de suelos, para ver si estas corresponden a la clasificación que se tenía en el mapa actual de la finca. Esta se llevó a cabo a través de muestreos de suelo en campo y determinación de la textura con el método al tacto. Luego se corrobora la información recolectada con la que se tenía en el mapa de la finca.

4.2. Muestreo de texturas de suelo

El muestreo se realizó por cable, siendo este de manera sistemática. Se empezó a realizar el muestreo a partir del cable uno y válvula uno de la finca, la distancia entre el punto siguiente de muestreo fue de cien metros de Norte a Sur y cincuenta metros de Este a Oeste, como se muestra en la figura 1.

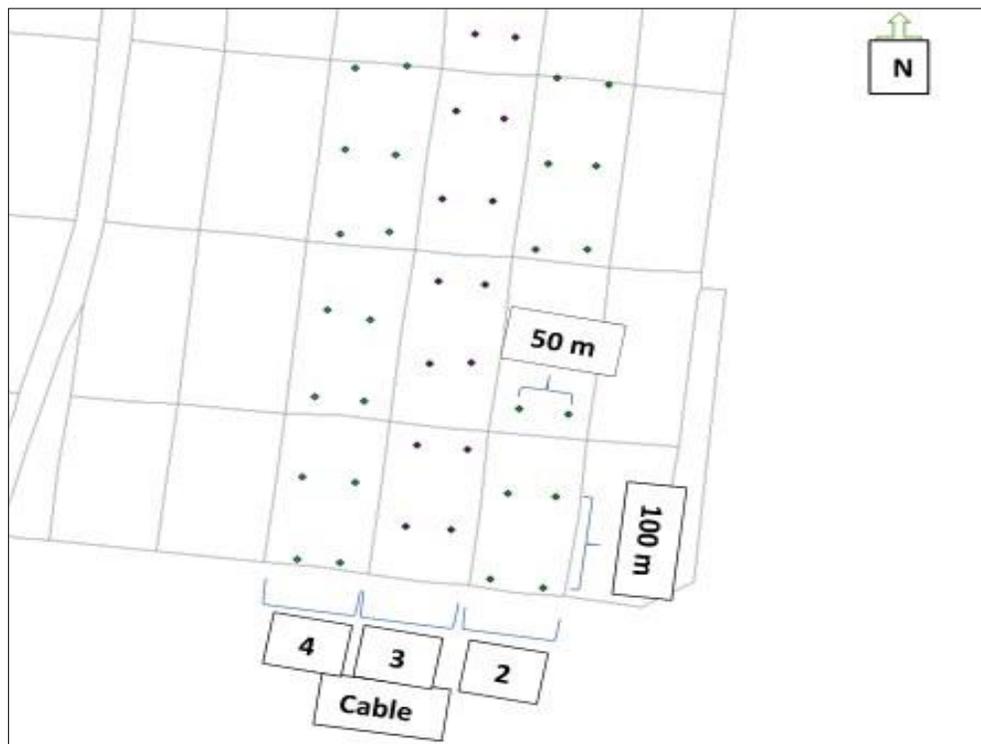


Figura 1. Distribución para la toma de puntos de muestreo en la finca San Miguel Sur I.

Los muestreos se realizaron en los drenajes creados para aireación y dren del agua, en casos donde no se contaban con estos se utilizó el barreno tipo holandés. Parece hacer el corte en los drenajes se utilizó una cuchilla desinfectada con amonio cuaternario para la prevención de enfermedades.

A la profundidad de 20 cm aproximadamente el suelo cuenta con una capa de relleno producto de los drenajes, lo cual afectaría los resultados de la textura, debido a esto el

muestreo fue obtenido a 60 cm, otro motivo de realizar el muestreo a esta profundidad fue que a esta se encuentra la mayor parte de raíces de la planta.

Para determinar el tipo de textura se siguió la metodología dada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para determinar una textura en campo.

Considerando que las manos humanas son sensibles a la diferencia de tamaño de las partículas de tierra, de manera que es posible determinar o sentir al tacto su textura. Percibimos la arena de una forma áspera, el limo suave o harinoso y la arcilla pegajosa y dura (FAO, 2017).

El método utilizado para la determinación de la textura del suelo se basa en la plasticidad que es representa la fracción de arcilla cuando a esta se le añade agua. Se toma una pequeña cantidad de muestra de suelo en la palma de la mano, se procede a añadirle agua hasta llevarlo a saturación. Se frota las manos para tratar de hacer un cilindro y en función de la facilidad de formarlo y al hacerlo que se pueda o no doblar se establecen los tipos de texturas. Entre los materiales utilizados están: el suelo, agua y la clave textural.

4.3. Georreferenciación de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron georreferenciados al momento de realizarlos, debido a que se necesita tener la posición espacial de estos para luego a través de una interpolación obtener la distribución espacial de las diferentes texturas de los suelos encontradas en el área bajo estudio, al mismo tiempo realizar un análisis del comportamiento de la textura en el suelo. La georreferenciación se realizó con un sistema de posicionamiento global (GPS).

4.4. Diseño de tabla de datos

El diseño de la tabla de datos se realizó con el objetivo de tener la información recolectada organizada, lo cual nos facilita hacer un análisis de la información. Dentro de la tabla de datos creada, se agregó un campo, el cual pertenece al porcentaje de arcilla que contienen los diferentes tipos de textura encontrados. En este caso se definieron los siguientes rangos: 0 a 10 % de arcilla (suelo arenoso), 10 a 30 % (suelo franco) y 30 % o más (suelo arcilloso). Esta clasificación se basa en la cantidad y el tamaño de las partículas y espacios porosos que existen en cada una. Estos rangos fueron utilizados para realizar la interpolación de los datos obtenidos (miRiego , 2015).

4.5. Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó un sistema de información geográfica (SIG), para obtener una mayor interpretación del comportamiento de los cambios de texturas en el suelo. Para analizar esta información se utilizó el método de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en ingles), en el cual se interpolaron los porcentajes de arcilla que contenía cada una de las diferentes texturas.

4.6. Obtención de mapa (clasificación de texturas)

Al tener el análisis de la información se generó el mapa de la finca con la clasificación de texturas, encontradas en las diferentes áreas. Este fue generado en el sistema de información geográfica (SIG).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La realización de la clasificación de texturas en la finca San Miguel Sur I, es importante, debido a que, actualmente se cuenta con un mapa de texturas el cual no cuenta con una

clasificación espacial, por lo cual se hace más difícil el muestreo de suelos de las diferentes clases de textura, presentándose problemas con la ubicación de las diferentes áreas de la finca y tipo de textura de estas. Al realizar una verificación de la textura en el área de la finca, se encuentran diferencias con respecto al mapa con el que cuenta la finca, sin corroboración y una clasificación espacial poco precisa.

Es de importancia georreferenciar los diferentes tipos de texturas con las que cuenta la finca, para luego generar una tabla de datos, un mapa georreferenciado y así poder realizar un manejo más eficiente de las prácticas agrícolas que se llevan a cabo en el cultivo de banano, como lo es en el caso de riego, fertilización y empleo de gavetas.

5.1. Levantamiento de Información espacial.

En el levantamiento espacial con la ayuda de un GSP, se realizó la georreferenciación de puntos de muestreo, los cuales se ingresaron a un SIG para realizar la interpolación de los porcentajes de arcilla encontrados en el suelo. Con esto se generó una tabla de datos la cual fue útil para la organización de la información.

Con la tabla de datos y la georreferenciación de la información se obtuvo el mapa correspondiente a la clasificación espacial de la textura del área bajo estudio. Con respecto a el análisis de la distribución espacial, al interpolar los valores muestrales de los porcentajes de arcilla del suelo, mediante la interpolación inversa ponderada (IDW), se apreció que, las proporciones de la textura en el área de estudio corresponden a las siguientes; suelo franco 78.55 ha (52.01 %), suelo arcilloso 66.22 ha (43.85 %) y suelo arenoso 6.25 ha (4.14 %) Cuadro 2.

Cuadro 2. Clases texturales en los suelos de la finca San Miguel Sur I, La Gomera, Escuintla.

Clase textural	Hectáreas	Porcentaje
Franco	78.55	52.01
Arcilloso	66.22	43.85
Arenoso	6.25	4.14
Total	151.02	100

La figura 2, muestra la composición generada de las imágenes ráster de las clases texturales; franco, arcilloso y arenoso, obtenida a través de la interpolación con IDW. Se puede observar que estos dos se distribuyen en toda el área de la finca bajo estudio. En esta se ratifica la predominancia de los suelos de textura franco y suelos arcillosos.

La textura como la estructura influyen en el tamaño de los poros del suelo, determinando la permeabilidad. Los suelos con una textura arcillosa contienen partículas tan pequeñas que no existe gran cantidad de huecos, lo cual produce compactación del terreno y al mismo tiempo se favorece el encharcamiento y por consiguiente se produce asfixia de raíces (La Edafosfera).

En los suelos con una textura arenosas al contrario de los suelos arcillosos, en estos se encuentran muchos huecos, siendo un suelo permeable donde el agua baja en profundidad llegando hasta donde no tienen acceso las raíces, debido a esto existe menos retención de nutrientes por su lixiviación rápida, presentado problemas en el rendimiento de diferentes cultivos, la estabilidad del suelo es baja, existe menor retención de humedad y la estabilidad del suelo es baja, estos factores limitan una mejor productividad y sostenibilidad del suelo.

Los mejores suelos que se presentaron en el área bajo estudio con respecto a la porosidad y permeabilidad son los suelos con textura franca ya que cuentan con buena estructura dejando así suficientes poros y de todos los tamaños para el ingreso del agua y el aire (La Edafosfera).

Se actualizó y corrigió la información de las clases texturales que se encuentran en la finca presentadas en el mapa de la figura 2, figura 3, ahora se cuenta con mayor detalle del mapa al mismo tiempo cuenta con una georreferenciación y una tabla de datos con la información de las diferentes clases texturales encontradas, teniendo una mejor representación de las diferentes áreas pertenecientes a la finca bajo estudio (figura 2), con el fin de mejorar y considerar las características del suelo en el manejo agronómico del cultivo de banano, con la clasificación espacial de la textura se pueden tomar decisiones para disminuir insumos y costos dentro de la empresa.

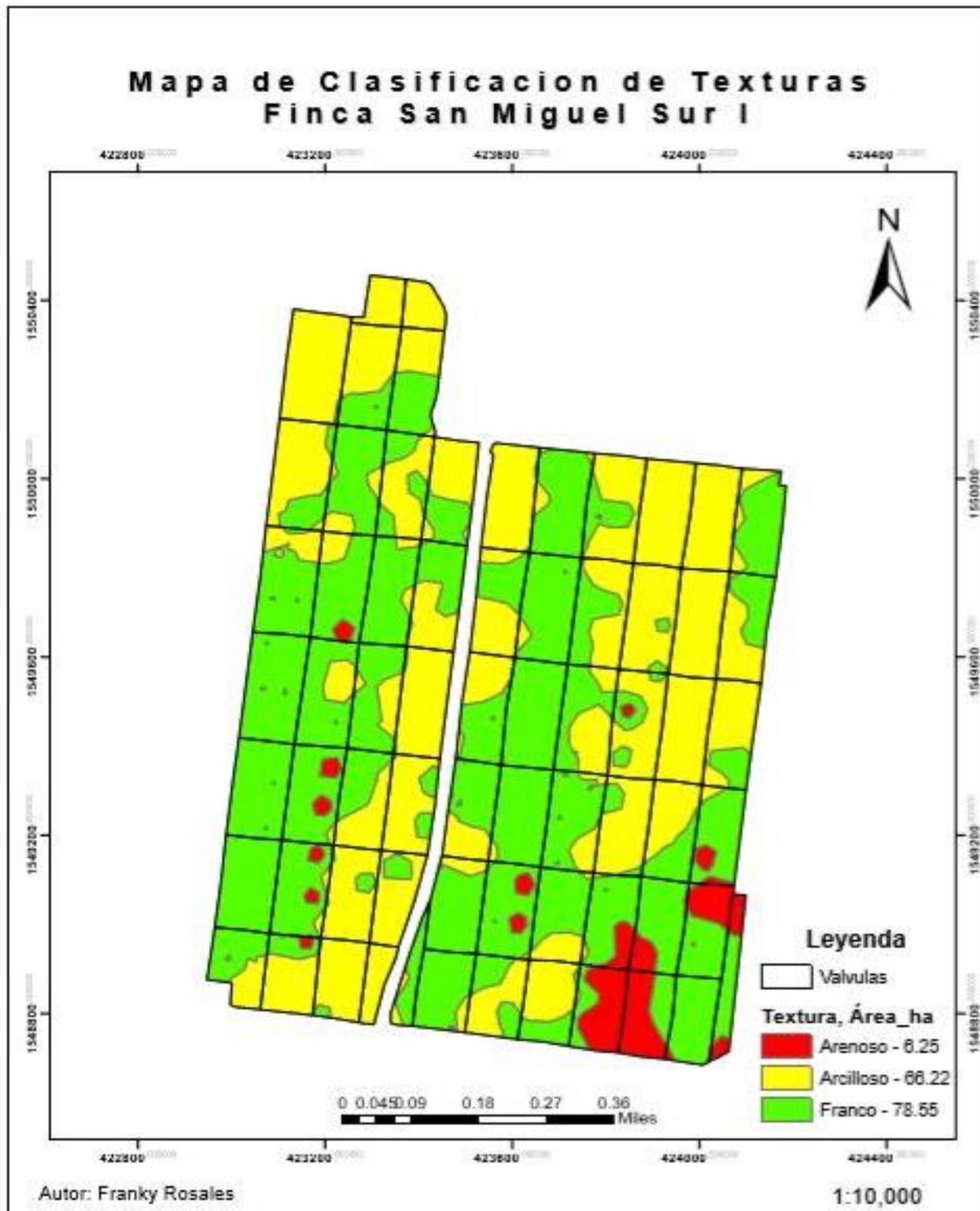
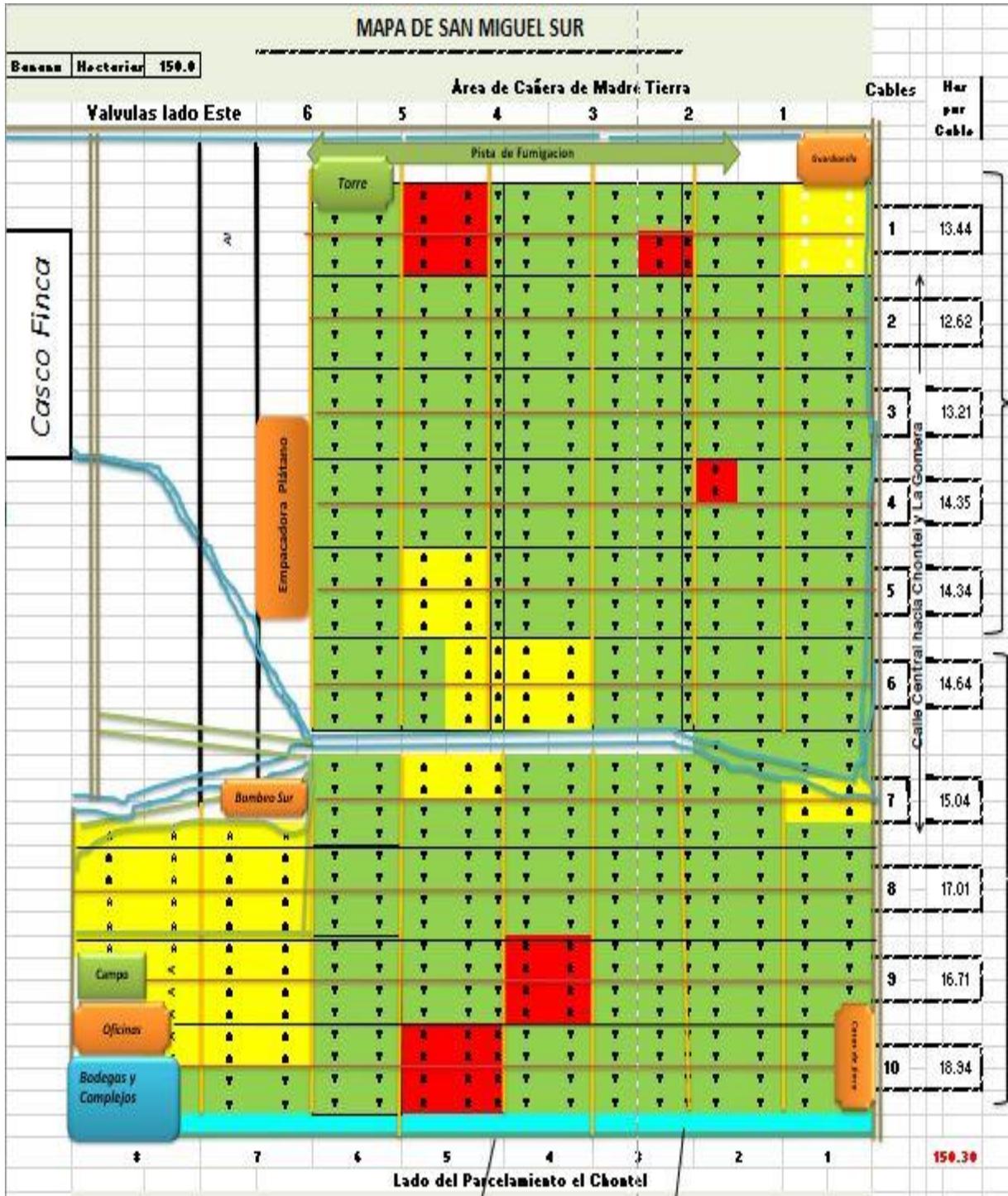


Figura 2. Mapa de la clasificación espacial de textura de los suelos de la finca San Miguel Sur I, La Gomera, Escuintla.



Fuente: Empresa Palo Blanco, S.A., 2016.

Figura 3. Mapa que fue corregido y actualizado de la clasificación de las clases texturales de la finca San Miguel Sur I, La Gomera, Escuintla.

6. CONCLUSIÓN

Con la realización de la georreferenciación y al generar los mapas de la clasificación de texturas, se obtiene una mejor representación de la variabilidad espacial del tipo de textura según las diferentes áreas de la finca bajo estudio. Con el mapa de clasificación de texturas se puede tener una mejor interpretación y manejo de la información recolectada, lo cual permite tomar mejores decisiones sobre el manejo para el cultivo el cual será más eficiente.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda indagar sobre la infraestructura como lo son las calles, caminos de transporte u otros que existían anteriormente en el área de datos históricos, ya que esto podría influir en los datos recabados como lo fue en el área donde existía un camino y se presentaba muchos aglomerados de rocas.
2. Para obtener información más precisa de las diferentes clases texturales que se encuentran en el área de la finca bajo estudio, se recomienda realizar muestreos con un método más eficiente, siendo este el de laboratorio. Con esto podremos dar un manejo más eficiente al cultivo y a las diferentes actividades que ayudaran a mejorar la producción del cultivo de banano.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. (s.f.). Obtenido de La Edafosfera : https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf
2. Castillo , D. I., Corral , J. R., Eguiarte , D. G., & Garnica , J. F. (2008). *Clasificación espacial de la textura de los suelos agrícolas de Zapopan Jalisco*. Universidad de Guadalajara-CUCBA-Departamento de Ciencias Ambientales , Zapopan , Jalisco, Mexico .

3. Méchan, T. E., Alegre, J., & Dominguez, G. (2007). *Influencia de la variabilidad edáfica en la producción de biomasa del cultivo de la uña de gato Uncaria tomentosa (Willd) D.C. en la cuenca del río Aguaytía, región Ucayali-Perú*. Perú : Universidad Nacional Agraria La Molina .
4. miRiego . (2015). *miRiego-blog*. Obtenido de Importancia del suelo en la producción agrícola. Composición y características físicas.: <https://miriego-blog.com/2015/11/25/el-suelo-en-la-produccion-agricola-composicion-y-caracteristicas-fisicas/>
5. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *Portal de suelos de la FAO*. Obtenido de Técnicas de laboratorio y de tomas de muestreo: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/tecnicas-de-laboratorio-y-de-tomas-de-muestreo/es/>
6. Siavosh Sadeghian, K., & Arias Suárez, E. (2018). Lixiviación del potasio en los suelos de la zona cafetera y su relación con la textura. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* , 16(1) 34-41.

ANEXO 2 DEL CAPÍTULO III. Manual de las actividades de los procesos precosecha y postcosecha del fruto de banano para exportación.

1. PRESENTACIÓN

La elaboración del presente manual se realizó con el fin de tener un registro actualizado de las actividades que se ejecutan en los procedimientos precosecha y postcosecha del manejo agronómico del fruto de banano para exportación en la empresa Palo Blanco S.A., que permita y contribuya en orientar sobre la ejecución de las actividades delegadas, constituyendo así, una guía de la forma de operar de la empresa.

El presente manual debe de ser revisado anualmente o cada vez que exista una modificación a la estructura de los procedimientos autorizados por la empresa y así mantener el presente actualizo.

2. OBJETIVO GENERAL

Establecer los lineamientos a seguir para asegurar la eficiencia en las actividades de los procedimientos precosecha y postcosecha en la producción del cultivo de banano para exportación.

3. PROCEDIMIENTOS

El cultivo de banano se cosecha aun cuando este está verde, el fruto se cosecha cuando este da grado (estado de desarrollo), esto según el país al que va a ser transportado. Las labores que se llevan a cabo en la cosecha son:

3.1. Procedimientos precosecha

3.1.1. Protección fruta

3.1.1.1. Embolse

El embolse o enfunde de los racimos en floración o parición semana a semana, figura 1, se realiza con la finalidad de brindarle protección a la fruta y obtener un producto de buena calidad. La fruta se protege de los daños ocasionados por los insectos como la tortuguilla, los cuales afectan la presentación de los frutos y este ya no es aceptado por las normas de calidad. Esta actividad se realiza 8 días después de parición y a más tardar 15 días después de la parición. La actividad de embolse se realiza en las fincas donde el cultivo es tecnificado y el precio de venta compensa el costo de la bolsa.



Figura 1. Inflorescencia o parición de una planta de banano próxima a ser embolsada.

3.1.1.2. Colocación de corbata

La colocación de la corbata se hace al momento de realizar el embolse, esta actividad se realiza con el fin de proteger el racimo y los frutos contra el ataque de plagas de ingreso tardío (trips y hormiga). Las corbatas son colocadas en la parte superior del racimo y al realizar el despunte o desbellote se coloca una segunda corbata en la parte inferior, figura 2. Las corbatas son cintas de polietileno en calibres de 4 a 5 milésimas, las cuales están impregnadas con insecticida clorpirifos, estas corbatas van dentro de la bolsa de protección.



Figura 2. Colocación de corbata en la parte inferior del racimo.

3.1.1.3. Colocación de papel

La colocación de papel en los racimos se realiza después del embolse, el objetivo de este es proteger al racimo contra la radiación solar y el daño por quema de sol, el cual provoca

rechazos al momento de la exportación. El papel es colocado en la parte opuesta del racimo que no da a la planta, figura 3, esto debido a que la planta genera sombra al racimo desde su posición, el racimo solo queda expuesto en un 50% por tal motivo se lleva a cabo esta actividad.



Figura 3. Colocación de papel al racimo para protección de la luz solar directa.

3.1.1.4. Colocación de faldilla

La colocación de la faldilla se realiza para proteger al racimo contra bajas temperaturas, plagas y el efecto abrasivo de hojas, como también de productos químicos. A parte de estas funciones, la faldilla y el embolse se utiliza para reducir los días a cosecha, debido a que se reduce la etapa floración-cosecha, el aumento de la longitud y diámetro de los frutos, como el peso del racimo, provocaron que la utilización de la faldilla y embolse se generalizara en las empresas bananeras.

El color de la faldilla, la cual está constituida por polietileno, actúa como filtro del calor. En el caso de la finca San Miguel se utiliza el color azul, el cual ha demostrado en investigaciones anteriores que este color permite la transmisión de calor, pero reduce el daño por la quemadura de sol, figura 4, (Robinson, 2006).



Figura 4. Protección del racimo de banano con bolsa, papel y faldilla

3.1.1.5. Soporte (colocación pita)

El soporte se realiza a través de un amarre el cual consiste en colocarle dos rafias al pinzote del racimo en la parte superior, estas van amarradas en forma de antena a el pseudotallo de dos plantas que estén opuestas, con la finalidad de que la planta con el racimo no tienda a inclinarse o llegar a colapsar por el peso del racimo, figura 5.



Figura 5. Colocación de soporte (pita) en pseudotallo para contrarrestar el peso del racimo.

3.1.2. Definición del racimo

3.1.2.1. Desflore

La actividad del desflore se realiza con el fin de evitar la enfermedad conocida como punta de cigarro, la cual provoca daños al fruto, ya que al dejar las flores estas provocan pudrición, una combinación de hongos. Esta actividad consiste en eliminar manualmente los vestigios florales de cada ápice de los frutos, figura 6, normalmente esta actividad va acompañada del embolse.



Figura 6. Racimo de banano desflorado previo a desmanar

3.1.2.2. Desmane

La práctica de desmane se realiza con el objetivo de incrementar el tamaño de los frutos de las gajas o manos y tengan un llenado mejor del fruto, esto para cumplir las calidades exigidas por el cliente. Las manos beneficiadas son las que quedan en la parte superior al desmane. Esta práctica consiste en eliminar la mano más pequeña (falsa) y dos, tres, cuatro o más manos siguientes, figura 7. La cantidad de manos a eliminar va a consistir a las características del racimo y también es relacionado al diámetro del pseudotallo de la planta, ya que se tienen investigaciones que la producción de manos dependerá de este. Por ejemplo, un pseudotallo con un grosor de 80 centímetros tendrá un racimo de 8

manos, una planta con diámetro del pseudotallo de 70 centímetros tendrá un racimo de 7 manos.



Figura 7. Eliminación de manos del ápice del racimo de banano, las cuales son incorporadas al suelo de nuevo.

3.1.2.3. Desbellote (despunte o corte bellota)

Después de formadas todas las manos, se procede a eliminar la bellota o flor masculina, figura 8. Esto con el objetivo de estimular la precocidad de maduración y mejor desarrollo del racimo y por lo tanto de frutos, esto sucede cuando la práctica se realiza a tiempo.



Figura 8. Remoción de bellota (desbellote) del racimo de banano.

3.1.2.4. Deshoje

El deshoje es una práctica que se realiza para mejorar la calidad de los racimos, esto controlando plagas (gusano y picudos) y enfermedades *Ralstonia solanacearum* y *Mycosphaarella fijiensis* (moko y sigatoka). El deshoje se realiza con una cuchilla afilada colocada en una vara para poder alcanzar las hojas a deshojar, figura 9, esto también mejora la circulación de aire dentro de la plantación de banano.



Figura 9. Deshoje tipo cirugía para control de sigatoka (*Mycosphaarella fijiensis*).

3.1.2.5. Identificación de fruta (colocación de cinta)

Esta labor consiste en marcar con cintas de diferentes colores, cada semana, conforme van las plantas recién paridas (7 a 14 días después de la aparición de la bellota), figura 10. La identificación con cinta de colores se realiza con el fin de tener un inventario de la producción por los diferentes lotes en la finca, ya que esto permite pronosticar la cantidad de racimos o de kilogramos de banano a cosechar. Esta actividad también nos permite saber que racimos cosechar al tener definido los días que se necesitan para un buen llenado de fruta. En las fincas de Palo Blanco S.A., específicamente en la finca San Miguel, se utilizan 10 colores para la identificación los cuales son: negro, rojo, gris, verde, morado, café, anaranjado, azul, blanco y amarillo. Las cuales son cosechadas a los 77 días después de ser colocadas.



Figura 10. Identificación de un racimo con el color de cinta azul.

3.1.2.6. Calibración de fruta

El fruto de banano se cosecha cuando este aun esta verde, el estado de desarrollo en el cual se cosecha se conoce con el nombre de Grado o Edad, el cual es controlado a través de las calibraciones realizadas con un calibrador vernier, figura 11. A medida que se va desarrollando la fruta, el grado va aumentando. Las calibraciones se realizan con respecto al color de las cintas colocadas. Para definir el grado de corte de la fruta, va a depender del país al que se exportara, dependiendo la distancia. En el caso de la finca San Miguel, el grado de corte de la fruta es de 40 a 41, el cual es medido a través de un calibrador Banamat.

Cuando el grado es mayor al rango anterior la fruta es rechazada por las normas de calidad y se denomina una fruta con sobregado, y al contrario cuando la fruta no da el calibre se denomina una fruta de bajo grado, la cual es rechazada.



Figura 11. Calibración de la mano apical de un racimo, presentando un grado de la fruta de 38.

3.1.3. Cosecha

3.1.3.1. Días a cosecha

El control de los racimos a cosechar se lleva a través del color de las cintas, las cuales son colocadas semanalmente. Los racimos normalmente son cosechados a los 77 días después de que la planta madre haya estado en parición. En ocasiones los racimos pueden ser cosechados si se determina a través de la calibración que estos ya dan grado (están en el rango de 40-41).

3.1.3.2. Métodos de cosecha

Existen dos métodos de cosecha o corte, esto según el tipo de transporte a la empacadora:

A. Por racimo

En este caso se transporta el racimo completo, el cual lo realiza la cuadrilla, un ayudante pica el pseudotallo a cierta altura, para que la planta se agobie y se pueda cortar el racimo. Una vez el racimo ha sido cortado es transportado al cable vía. Al llegar al cable el racimo es lavado con agua a través de una manguera. Luego el jalador de la cuadrilla se encarga de transportarlo hasta la empacadora de cada finca. Cada una de las fincas de San Miguel cuenta con 3 o 4 cuadrillas, las cuales están a cargo de un caporal de cosecha.

B. Por manos en canasta

En este caso se transportan las manos separadas del raquis. Se procede de la misma manera, con la diferencia que al agobiar la planta se cortan las manos del racimo y son colocadas en las canastas que cuelgan del cable vía. Las manos son desinfectadas sumergiéndolas en una mezcla líquida de agua y Laterox, esto para controlar enfermedades y plagas. Luego esta carga es transportada a la empacadora.

La canasta consta de tres niveles, en el primer nivel se colocan las manos apicales, en el segundo las manos medias y en la tercera las manos basales.

3.1.3.3. Cinta barrida

Se le denomina barrida, a la acción de cosechar todos los racimos de un cierto color de cinta, esto debido a que estas ya tienen más de 77 días después de la parición. Estas cintas se dejan porque no dan grado y después son barridas.

3.1.3.4. Lavado fruta

A parte del lavado que se le hace a la fruta en el momento de la cosecha por las cuadrillas, esta pasa por otro lavado el cual es automatizado. En los cables existen ciertas válvulas automatizadas que, al realizar el paso de fruta, estas se abren automáticamente y

asperjan agua sobre la fruta. En la finca se cuentan con dos válvulas por cada una de las fincas.

3.1.3.5. Ciclos de cosecha

La cosecha en la finca San Miguel son realizados por medio de tres ciclos. El primero y segundo ciclo se realiza tomando en cuenta la calibración de la fruta en campo, el tercer ciclo ya se realiza por medio de barrida la cual se describió anteriormente.

3.2. Procedimientos postcosecha

3.2.1. Selección fruta

En el patio de selección las condiciones son las siguientes: La flor o residuos de esta no deberán llegar al tanque de desmane, ya que estas es el mayor portador de hongos, por lo cual deberá ser removida en las bacadillas si no se desflora en el campo, para ello hay personas receptoras de frutas quienes tienen esta función. Las mismas personas son las encargadas de calibrar la fruta y marcarla de acuerdo con las especificaciones (grado mínimo 40, máximo 50 y longitud mínima de los dedos 8.25 pulgadas de punta a punta).

Otra función de la recibidora de fruta es palpar la fruta y hacer pruebas de pulpa con cuchilla para asegurarse que no existe el riesgo de fruta madura.

3.2.2. Desmane

En el tanque de desmane deberá de colocarse una marca para el llenado máximo evitando que el tanque se llene en exceso y pueda golpearse la fruta. El desmane se realiza con una cuchilla curva o cortador semicircular, efectuando un corte sin dejar otros, ni desgarres. En esta actividad se toma en cuenta mucho la habilidad del operador para hacer de esta una mayor eficiencia de la labor. Luego de esto las manos son sumergidas en los tanques.

Existen tres tanques, en los cuales se depositan solo manos basales en uno, otras manos medias y el otro tanque con manos apicales, con el fin de empezar con la selección de las manos.

3.2.3. Lavado y saneo

Se debe sacar la mano o gajo del agua y colocarse embrocada en la tabla, luego se debe medir, calibrar, lavar y sanear asegurándose de quitar todos los dedos malos y deformes. Luego de esto se procede a partir y hacer coronas, altas y planas de un solo corte son pestañas. Colocar los gajos en el tanque de desleche teniendo el cuidado de eliminar pestañas y colocando la fruta con la corona para abajo.

En esta área también se procede a clasificar la fruta, ya que la fruta que llega con daños, bajo grado o longitud no adecuada, problemas de mancha de madurez o daños por plagas, son colocados en dos bandas. La primera se dirige a la fragua, en la cual se llenan cajas de plástico y son colocadas en un camión y luego comercializado en el CENMA. La segunda banda llega directamente al camión de rechazo el cual se dirige al mercado local.

3.2.4. Desleche y clasificación

En el tanque de desleche las manos deben permanecer quince minutos, para garantizar que se elimine el látex y no llegue hasta la caja de empaque.

En el área de clasificación deberán utilizar bandejas o charolas limpias protegidas con foamy. Al sacar la fruta de los tanques se debe revisar antes de colocarla en la bandeja, se debe hacer una distribución de grande, mediana y pequeña. Luego la bandeja es empujada hacia la cámara.

3.2.5. Aspersión

La aspersión se realiza en una cámara la cual aplica a las coronas Banquit (sellador) y Alumbre (anti-madurante). La solución se realiza con 1890 gramos de Alumbre y 150 cc de Banquit en 50 galones de agua.

3.2.6. Etiquetado o sellado

En el área de sellado se debe seguir un orden de izquierda a derecha, cuando se trabaja con sellos de promoción, primero se coloca el sello de Dole y luego el de la promoción. Estos deben de ser bien colocados ya que es la identificación de la finca.

3.2.7. Pesada

El pesado en bandejas debe trabajarse efectuando los cambios necesarios para ajustar el peso requerido por caja. El peso adecuado por caja es de 51.5 libras por caja. Teniendo el cuidado de no descomponer la distribución que es muy importante para el empaque.

3.2.8. Empaque

En el área de empaque se sigue el siguiente patrón:

- La línea uno está compuesta de fruta pequeña (manos apicales) teniendo en cuenta de que esta quede compacta.
- Línea dos consta de pequeños y medianos (manos medias) con el cuidado de no montar las coronas sobre las puntas de la línea uno.
- La línea tres está compuesta por manos grandes (manos basales y sub basales) y curvos.
- La línea cuatro está compuesta por fruta larga y rectos, trabajando con la apariencia de la caja.

Se coloca un plástico traslapando la tercera línea y cubriendo la cuarta línea, esto con el fin de evitar la quema por caja. El empaque se realiza en cajas de cartón corrugado la cual ya tiene especificaciones y dimensiones convenientes, establecidas según el peso a empacarse.

El tapado de las cajas se coloca con el cuidado de que coincidan los orificios de ventilación del fondo y la tapa. Luego se procede a identificar las cajas según la compañía exportadora, cada productor tiene un número el cual se utiliza como código para su identificación en los puertos de embarque y de destino, esto con fines de inspección sobre la calidad de la fruta empacada.

3.2.9. Transporte

Antes de que la fruta sea colocada en el transporte, las empresas que son clientes de la finca colocan un evaluador por empacadora. La función de este evaluador es revisar tres cajas por paleta para verificar si la fruta cumple con las normas de calidad. Si esto no se cumple en una caja se verifican cinco cajas, si se encuentra otra que no cumple las normas, la paleta compuesta por 48 cajas es rechazada completamente. La cual afecta a la finca ya que significan pérdidas económicas.

En el momento de la visita el evaluador de la empresa Dole, detectó dos cajas con bajo grado las cuales fueron rechazadas y por consiguiente toda la paleta, la cual significó pérdidas económicas para la empresa.

El transporte de las cajas de banano se realiza en paletas las cuales son ingresadas en contenedores cerrados para evitar la entrada de polvo o agua. Las paletas están conformadas con 48 cajas y un contenedor contiene 20 paletas.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Gutierrez Trigueros, R. E. (2009). *Actividades en la producción e investigación en el cultivo de banano (Musa sp.) en la finca Valle de Oro, Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal* . Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Jiménez Mayen, H. H. (2014). *Aspectos ambientales y buenas prácticas de manufactura para una empresa de banano*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. Secretaría de Relaciones Exteriores SRE . (2004). *Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos* . Oficialía mayor, Dirección general de programación, organización y presupuesto.