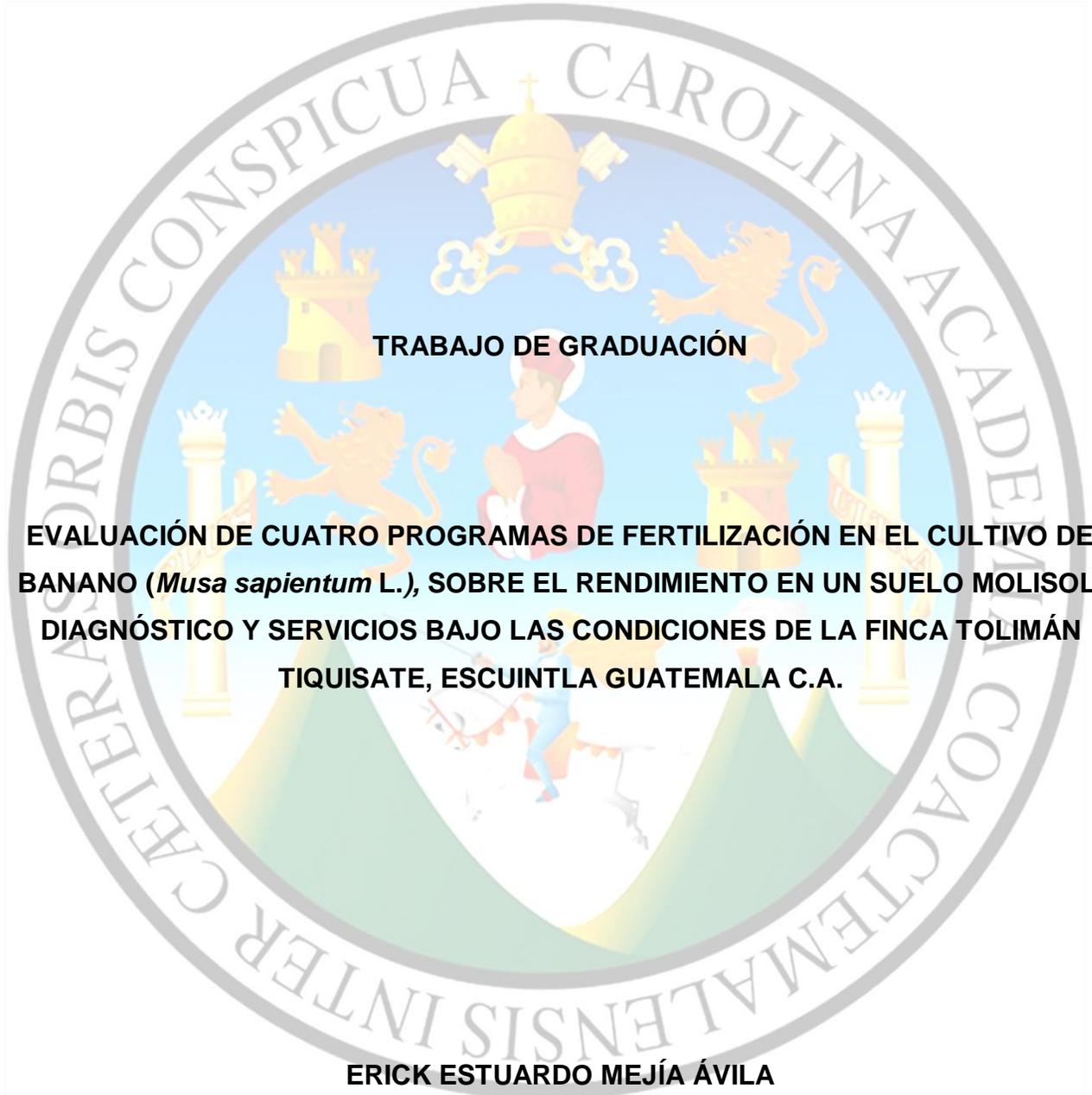


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE
BANANO (*Musa sapientum* L.), SOBRE EL RENDIMIENTO EN UN SUELO MOLISOL,
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS BAJO LAS CONDICIONES DE LA FINCA TOLIMÁN
TIQUISATE, ESCUINTLA GUATEMALA C.A.**

ERICK ESTUARDO MEJÍA ÁVILA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum* L.), SOBRE EL RENDIMIENTO, EN UN SUELO MOLISOL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS BAJO LAS CONDICIONES DE LA FINCA TOLIMÁN TIQUISATE, ESCUINTLA GUATEMALA C.A.

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

POR

ERICK ESTUARDO MEJÍA ÁVILA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR EN FUNCIONES

M.A. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO

JUNTA DIRECTIVA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lili Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	P. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

Guatemala, octubre de 2021

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: **“EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum* L.), SOBRE EL RENDIMIENTO, EN UN SUELO MOLISOL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS BAJO LAS CONDICIONES DE LA FINCA TOLIMÁN TIQUISATE, ESCUINTLA GUATEMALA C.A.”** Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciatura.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



ERICK ESTUARDO MEJÍA ÁVILA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Quién siempre ha estado conmigo brindanome salud física y emocional, para alcanzar todo objetivo o meta propuesta, INFINITAMENTE GRACIAS.

A MI PAPÁ

Pedro Mejía Batz QPD, tenerte 15 años en mi vida fué maravilloso y necesario para fortalecerme. Te mando un fuerte abrazo hasta el cielo donde seguramente estas pendiente de mis logros acá en la tierra.

A MI MAMÁ

Olivia Ávila Barrientos, infinitamente agradecido por confiar en mi y sin dudar me apoyado cualquiera sea la circunstancia. Te prometo que siempre estaré pendiente de ti mamá.

A MIS HERMANOS

A mis hermanos “Mejía Ávila”; Lesvia, Julio, Florencio, Guadalupe, Marisela, Adriana y Alberto. Quienes de una u otra manera fueron participe de este logro alcanzado, ahora me siento agradecido con ustedes por depsitar su confianza en mi.

A MIS SOBRINOS

Gracias a Dios, él me ha bendecido con muchos sobrinos. Luis, Brandy, Eduardo, Melissa, Julio, Naomi, Azael, Joandri, Estuardo, Karen, Clara, Maia, que siempre an estado brindando alegría a nuestras vidas. Estas personas son el motivo de mi perseverancia y poder proporsionales un mejor futuro.

A MIS AMIGOS

A Fernando rámirez, Hugo lankel, Carlos Samayoa y Dulce Godoy gracias por cumplir mis caprichos como mis mejores amigos de la universidad, igualmente a Manuel Jéronimo mi primer amigo de universidad, a Alex Del Cid por ser un amigo comprensible y a Neydi Júracan quién fue una amiga incondicional. A mis amigos hallistas en particular a mi grupo empresarial Marielena Vivar, Estefani Reyes, Josue Santos y a Mendez. A si también al resto de mis amigos que siempre me apoyaron de una u otra manera y que seguramente son muchos.

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios nuestro Creador que nunca nos abandona y siempre esta ahí para darnos una salida.

Mi Familia, por estar pendiente de mi cada día y así poder alcanzar mis metas y objetivos.

Mi Asesor Dr. Anibal Sácbaja por su amistad y apoyo brindado durante mi carrera universitaria, por sus análisis inculcados al realizar mi documento de investigación.

Mi Supervisor Ing. Agr. Ernesto Yac agradezco mucho su colaboración y exigencia proporsionada para la elaboración de mis documentos.

Ing Arnulfo Montoya muchas gracias por los consejos y apoyo durante el proceso de EPS.

Yara Guatemala S.A y Finca Tolimán gracias por permitirme realizar mi EPS en sus intalaciones y aprender mucho sobre la nutrición de cultivo de banana y sus manejos.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por permitirme ser parte de ella y educarme profesionalmente.

La Facultad de Agronomía, por ser un ente formador de Ingenieros Agrónomos.

Al laboratorio de suelo, agua y planta, Salvador Castillo Orellana, de la facultad de agronomía y que junto con su amable personal tuve la oportunidad de aprender mucho de esta área.

ÍNDICE

	PÁGINA
1 CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO FINCA TOLIMÁN, TIQUISATE, ESCUINTLA, INSPECCIONADO POR YARA Knowlegde grows	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Características de ubicación.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 METODOLOGÍA	5
1.4.1 Observación directa.....	5
1.4.2 Fuentes primarias	6
1.4.4 Procesamiento de datos para el perfilado de racimos	7
1.4.5 Análisis de la información (de priorización de problemas)	8
1.5 RESULTADOS	9
1.5.1 Programa de fertilización utilizado	9
1.5.2 Historial de rendimiento en la finca Tolimán, Tiquisate.....	10
1.5.3 Procesamiento de datos de perfilados de racimos	11
1.5.4 Priorización de daños en los racimos perfilados.....	13
1.6 CONCLUSIONES	15
1.7 RECOMENDACIONES.....	16
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	17
1.9 ANEXOS	18
2 CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (<i>Musa sapientum</i> , L) SOBRE EL RENDIMIENTO EN UN SUELO MOLLISOL, PERTENECIENTE A LA FINCA TOLIMÁN TIQUISATE, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.....	21
2.1 PRESENTACIÓN	22
2.2 MARCO TEÓRICO.....	23

PÁGINA

2.2.1 Marco conceptual.....	23
A. Caracteres botánicas del cultivo de banano (<i>Musa sapientum</i> L.).....	23
B. Necesidades nutricionales del cultivo de banano	23
C. Importancia de los elementos en los programas de fertilización.....	24
a. Nitrógeno (N)	25
b. Potasio (K)	26
c. Fósforo (P).....	28
d. Azufre (S).....	28
e. Calcio y magnesio.....	29
f. Elementos menores: hierro, cobre, zinc, boro y manganeso	29
D. Programas de nutrición implementados en regiones de Latinoamérica	30
E. Balance nutricional del cultivo de banano.....	32
F. Calibración de análisis de suelos en cultivo de banano.....	33
G. Antecedentes de investigación de programas de nutrición.....	35
H. Programas de fertilización evaluados en la finca Tolimán	38
a. Evaluación de cuatro programas de nutrición primera generación cultivo	38
b. Evaluación de cuatro programas de nutrición segunda generación cultivo	38
2.2.2 Marco referencial.....	39
A. Características de ubicación.....	39
B. Vías de acceso	40
C. Relieve.....	40
D. Condiciones climáticas	41
E. Zona de vida.....	41
F. Geología y suelos	41
2.3 OBJETIVO.....	43
2.3.1 Objetivo general	43
2.3.2 Objetivos específicos	43
2.4 HIPÓTESIS.....	43
2.5 METODOLOGÍA.....	44
2.5.1 Ejecución del ensayo	44

PÁGINA

A.	Determinación de las necesidades de fertilización	44
B.	Condición nutricional inicial del suelo	44
C.	Características del material experimental	45
D.	Descripción de los tratamientos	45
E.	Repeticiones	47
F.	Unidad experimental	48
G.	Dimensiones de la unidad experimental	48
H.	Croquis de campo	48
I.	Manejo del experimento	49
J.	Variables de respuesta	50
a.	Rendimiento por hectárea	50
b.	Peso de racimo	51
c.	Número de dedos en la mano basal y apical	51
d.	Evaluación foliar	51
K.	Análisis de la información	52
a.	Análisis de varianza	52
b.	Diseño experimental (bloques al azar)	52
2.5.2	Relación beneficio/costo	53
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
2.6.1	Variables de respuestas	54
3	Rendimiento ($T \cdot ha^{-1}$)	54
4	Peso de racimo	56
5	Número de dedos mano basal	57
6	Número de dedos mano apical	57
7	Contenido nutricional en tejido foliar	58
2.6.2	Análisis económico	59
2.7	CONCLUSIONES	60
2.8	RECOMENDACIONES	61
2.9	BIBLIOGRAFÍA	62
2.10	ANEXOS	66

PÁGINA

2.10.1 Características del perfilado de los racimos	66
2.10.2 Análisis estadísticos (ANDEVA)	69
2.10.3 Análisis de laboratorios, foliares y suelos	70
2.10.4 Cálculos económicos.....	71
2.10.5 Comportamiento de las variables en sus tres fases de aplicación.....	73
3 CAPÍTULO III: SERVICIOS.....	74
3.2 Evaluación de cuatro programas de fertilización en la segunda generación del cultivo de banano (<i>Musa sapientum L.</i>) sobre el desarrollo y rendimiento, perteneciente a la finca “Tolimán” Tiquisate, departamento de escuintla.	76
3.2.1 Objetivos.....	76
3.2.2 Metodología	76
3.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
B. Peso racimo (kg).....	82
C. Cantidad de dedos en la mano apical del racimo	84
D. Variables evaluadas.....	86
E. Promedios de rechazo	86
F. Análisis económico	88
3.2.4 Evaluación	89
3.2.5 Bibliografía.....	90
3.3 Parcela demostrativa en el cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i>) en hacienda la Flora, Tiquisate, Escuintla.....	92
3.3.1 OBJETIVOS.....	92
3.3.2 METODOLOGÍA	92
a. Características del programa nutricional YARA utilizado.....	93
b. Programa de nutrición implementado por la finca local	95
3.3.3 RESULTADOS	97
a. Poda de formación (febrero 2019)	99
b. Poda de formación y definición (septiembre 2019).....	100
3.3.4 EVALUACIÓN.....	103
3.3.5 Bibliografía.....	107

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Condiciones del cultivo en áreas pobres	5
Figura 2. Racimos cosechados en areas pobres	5
Figura 3A. Daños mecanicos en la cosecha	18
Figura 4A. Daños por diversos factores durante el desarrollo del fruto	19
Figura 5A. Libreta de información de los perfilados de los racimos (kg)	20
Figura 6. Rendimiento (T/ha del banano por la fertilización nitrogenada)	25
Figura 7. Ciclaje de los nutrimentos en el cultivo de banano.....	32
Figura 8. Niveles críticos en diferentes tejidos de plantas desarrolladas de banano	34
Figura 9. Requerimientos críticos según la demanda del cultivo de banano.....	34
Figura 10. Comportamiento de potasio en diferente dosis	35
Figura 11. Producción de cajas/ha de banano con combinación de altas densidades de plantas y fertilización N-K.....	36
Figura 12. Ubicación finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla	39
Figura 13. Colindancias de la finca Tolimán.....	40
Figura 14. Distribución de los bloques.....	48
Figura 15A. Análisis foliar de la tercera generación, en el lote 4 de finca Tolimán.....	71
Figura 16. Aplicación fertilizante granular.....	97
Figura 17. 3ra. aplicaión de fertilizante.....	97
Figura 18. Aplicación fertilizante foliar	98
Figura 19. Distribución foliar en la hoja	98
Figura 20. Poda de formación	99
Figura 21. Copa arbustiva de formación.....	99
Figura 22. Poda de definición.....	100
Figura 23. Copa arbustiva de definición	100
Figura 24. Brotes bajos en limón.....	101
Figura 25. Eliminación de los brotes bajos.....	101
Figura 26. Daño por <i>Phyllocnistis citrella</i>	102

	PÁGINA
Figura 27. Trampas etológicas	102
Figura 28. Copa arbustiva formada (Programa YARA)	103
Figura 29. Copa arbustiva testigo relativo	104
Figura 30. Copa arbustiva programa YARA	104
Figura 31. Frutos testigo relativo	105
Figura 32. Frutos programa YARA	105
Figura 33. Reducción de <i>Phyllocnistis citrella</i>	106
Figura 34. Floración libre de plagas	106

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Programa de nutrición de la finca Tolimán.....	9
Cuadro 2. Rendimiento y factores relacionados, el área de la finca es de 199 ha en producción	10
Cuadro 3. Rendimiento por hectárea en el primer ciclo (Perfiles de racimos – (factor*densidad*retorno)).....	11
Cuadro 4. Perfilados de los racimos.....	11
Cuadro 5. Perfilado de daños por merma de cosecha	12
Cuadro 6. Perfilado de daños por diversos factores en el campo	13
Cuadro 7. Resultado de la matriz de priorización de problemas	14
Cuadro 8. Resultados de análisis de la priorización de problemas	14
Cuadro 9. Contenidos de nutrientes en la planta y en el racimo de banano	24
Cuadro 10. Respuesta del cultivo de banano a dosis crecientes de nitrógeno. Finca agrícola ganadera Cariari.....	26
Cuadro 11. Dosis de potasio con mayor rendimiento en banano	27
Cuadro 12. Fuente de potasio y año de estudio.....	27
Cuadro 13. Programas de nutrición implementados en diversas regiones de Latinoamérica.....	30
Cuadro 14. Relación de los elementos esenciales respecto a los parámetros de rendimiento y calidad.....	31
Cuadro 15. Efecto de K sobre rendimiento en el cultivo de banano en Brasil	37
Cuadro 16. Evaluación de 5 programas de fertilización en el cultivo de plátano en México.....	38
Cuadro 17. Análisis de suelo inicial de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla	44
Cuadro 18. Tratamiento 1, fertilización nivel bajo, área pobre	46
Cuadro 19. Tratamiento 2, fertilización nivel medio, área pobre	46
Cuadro 20. Tratamiento 3, fertilización nivel alto, área pobre	47
Cuadro 21. Tratamiento 4, fertilización de la finca (TR), área pobre	47
Cuadro 22. Cantidad de fertilizante para el funcionamiento del ensayo.....	50

PÁGINA

Cuadro 23. Media de los índices y sus rendimientos respectivos	54
Cuadro 24. Análisis de varianza de la variable rendimiento	55
Cuadro 25. Variable peso de racimo (kg)	56
Cuadro 26. Número de dedos en la mano basal	57
Cuadro 27. Número de dedos en la mano apical	58
Cuadro 28. Análisis de tejido vegetal, tercera generación del cultivo.....	58
Cuadro 29. Análisis económico de los tratamientos evaluados.....	59
Cuadro 30A. Promedio de las características económico-comercial de los programas de nutrición	66
Cuadro 31A. Promedio de rechazo de fruta por daños en la cosecha	67
Cuadro 32A. Promedio de rechazo de fruta por daños en el campo de cultivo.....	67
Cuadro 33A. Clasificación de la fruta rechazada según su procedencia.....	68
Cuadro 34A. Análisis de daños de importancia en la investigación	68
Cuadro 35A. Análisis de varianza de la variable peso de racimo	69
Cuadro 36A. Análisis de varianza de número de dedos en la mano basal.....	69
Cuadro 37A. Análisis de varianza de número de dedos en la mano apical.....	70
Cuadro 38A. Análisis químico de suelo al final de la investigación	70
Cuadro 39A. Costos de fertilizantes/ha/año del tratamiento dosis baja (D1))	71
Cuadro 40A. Costos de fertilizantes/ha/año del tratamiento dosis media (D2).....	72
Cuadro 41A. Costos de fertilizantes/ha/año del tratamiento dosis alta (D3).....	72
Cuadro 42A. Rendimiento de los tratamientos en las tres generaciones	73
Cuadro 43A. Peso de racimo de las tres generaciones	73
Cuadro 44. Tratamiento 1, fertilización nivel bajo, área pobre	77
Cuadro 45. Tratamiento 2, fertilización nivel medio, área pobre	78
Cuadro 46. Tratamiento 3, fertilización nivel alto, área pobre	78
Cuadro 47. Tratamiento 4, fertilización de la finca (TR), área pobre	79
Cuadro 48. Rendimiento promedio de los tratamientos	81
Cuadro 49. Variable peso de racimo (kg)	82
Cuadro 50. Análisis de la varianza, peso racimo.....	83
Cuadro 51. Prueba de Tukey Error 1.8786.....	83

PÁGINA

Cuadro 52. Media de número de dedos en la mano apical	84
Cuadro 53. Análisis de la varianza de la variable número dedos mano apical	85
Cuadro 54. Prueba de Tukey, Error 0.1784.....	85
Cuadro 55. Resumen de análisis de varianza de las variables sin diferencia significativa.	86
Cuadro 56. Promedios de rechazo	87
Cuadro 57. Análisis económico segundo ciclo	88
Cuadro 58. Composición química de las familias de fertilizantes YARA utilizados	93
Cuadro 59. Calendarización mensual del programa de nutrición YARA	94
Cuadro 60. Cantidad de fertilizante utilizado del programa YARA	95

RESUMEN

Este documento presenta las actividades realizadas como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA- en el periodo comprendido de febrero a noviembre del 2019, fue ejecutado en el área de investigación de la empresa privada YARA Guatemala donde la finca agrícola Tolimán ubicada en el municipio de Tiquisate, Escuintla, presto sus instalaciones para ensayos y parcelas demostrativas.

Se contempla tres apartados nombrados capítulos que se representan a continuación; el Capítulo I comprende el diagnostico de la finca tolimán que se encuentra dividida en cuatro sectores, dos, tres y cuatro son dedicadas al cultivo de banano (*Musa sapientum L.*), y uno al cultivo de platano (*Musa paradisiaca*), este fue enfocado en el sector cuatro donde se tiene un área de 199 ha en producción de banano. Se edentificó que el rendimiento de la finca ha mostrado un aumentado anualmente, siendo el año 2018 el mayor con 2,332.548 cajas/ha/año, aunque durante el recorrido de campo se logró determinar áreas pobres en frondosidad con racimos hasta de cinco pencas y un peso de 18 kg.

Asimismo se menciona que existe 35 tipos de daños que pueden generarse en el fruto mermando la calidad para exportación, en el perfilado de racimos se encontró que el principal problema es el peso general del racimo con una media de 25.5 kg, seguido por los daños mecánicos provocado por el transporte de la fruta en el campo, por látex y dedo mal formado.

El Capítulo II se presenta una evaluación de cuatro programas de nutrición en la tercera generación del cultivo de banano (*Musa sapientum L.*), donde tres de los programas se aplicó en tres dosis (D1 baja, D2 media o base y D3 alta) y el cuarto programa fue el local (testigo relativo). Despues de dos años de aplicación de los programas se determinó que en esta generación no existió diferencia significativa, con respecto a la relación Beneficio/Costo se comprobó que la Dosis baja (D1) posee una mejor relación de 12.43, siendo este tratamiento el recomendado para generar un aumento económico y mejor rendimiento.

El Capítulo III presenta los servicios solicitados por la empresa que fueron; evaluación de cuatro programas de fertilización en la segunda generación del cultivo de banano y la evaluación de una parcela demostrativa en el cultivo de Limón persa (*Citrus latifolia*) en hacienda la Flora, Tiquisate, Escuintla.



**1 CAPÍTULO I:
DIAGNÓSTICO FINCA TOLIMÁN, TIQUISATE, ESCUINTLA, INSPECCIONADO POR
YARA Knowlegde grows**

1.1 PRESENTACIÓN

La finca Tolimán se encuentra ubicada en el paralelo 14, entre las latitudes 14° 07'37" N y longitudes 91° 28'43" W, sobre la calle que conduce hacia aldea El Semillero, Tiquisate, Escuintla. La finca se divide principalmente en cuatro sectores de aproximadamente 200 ha, de las cuales tres son dedicadas a la producción de banano (*Musa sapientum*) y una a la producción de plátano (*Musa paradisiaca*), todo producto final de la finca va enfocado hacia un mercado internacional de exportación y el resto del producto que no cumpla la calidad establecida está destinado a mercado nacional.

El presente diagnóstico se da a conocer la situación que prevalece dentro del cultivo de banano (*Musa sapientus*) en el sector #4, a manera de detectar los problemas y problemáticas de ámbito agrícola, social económico y ambiental que predominan en el área, fomentado por parte de la empresa YARA Guatemala, para establecer cadenas de negocios.

Como indicó el resultado del diagnóstico, el programa de fertilización está basado únicamente en la aportación de los elementos; nitrógeno (588.7 kg/ha/año N), fósforo (304.04 kg de P₂O₅/ha/año), potasio (507 kg de K₂O/ha/año) y azufre (215.47 kg de S/ha/año). Por medio del historial de rendimiento cajas exportables/ha/año, se identificó que el año 2015 al 2016 se mostró un descenso de 15.25 %, en el 2017 incrementó un 32.93 % y en 2018 también incrementó en un 13.26 % con respecto a los años anteriores. En los meses de febrero a julio del año 2019 se realizó perfilados de racimos en la planta empacadora donde se encontró un porcentaje de rechazo de 15.04 %, siendo el daño más influyente el de merma de cosecha (daños mecánicos) con un 11.48 %.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Características de ubicación

La finca Tolimán pertenece al municipio de Tiquisate departamento de Escuintla, a 179 km de la ciudad capital, las coordenadas de su ubicación son 14° 11´ 67´´ de longitud norte y 91° 48´ 33´´ de latitud oeste, a una altura aproximada de 500 m s.n.m. La finca tiene como objetivo la producción de banano para la exportación a los Estados Unidos de America (USA) y Europa, con las empresas transnacionales CHIQUITA, DOLE y DEL MONTE. (CONRED, 2015)

1.2.2 Condiciones edafoclimáticas

La finca cuenta con un relieve plano con pendientes cercanas a 0 %. Las temperaturas oscila entre los 23 °C y 35 °C en regiones más cercanas al mar, con una precipitación pluvial anual oscila de 1,500 mm hasta 3,200 mm. La humedad relativa es de 79 %, la velocidad media del viento es de 2.1 km/hr con orientación hacia el sur. (Álvaro, 2013) Según Holdridge esta zona se encuentra en una clasificación como bosque húmedo subtropical (cálido) (bh-S(c)). (Ortega, 2013) La finca cuenta con suelos del orden mollisol (Ts) y con suborden ustolls-udolls. (Tobías & Lira, 2000)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Conocer la situación actual sobre el rendimiento del cultivo de banano (*Musa sapientum L.*), de la finca Tolimán Tiquisate, Escuintla.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Conocer el plan de fertilización del cultivo de banano (*Musa sapientum L.*).
2. Conocer los rendimientos e identificación de aspectos de comercialización como lo son fruta de primera y los daños que lo afecta.
3. Priorizar los daños obtenidos de los perfilados que se realizan en la planta empacadora.
4. Conocer los principales problemas que tengan los habitantes en cuanto a la producción de los cultivos en la aldea.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Observación directa

Se realizó un recorrido en la finca, reconociendo básicamente las áreas de campo y planta empacadora. Se cumplió de la siguiente manera:



Fuente: Mejía, (2019)

Figura 1. Condiciones del cultivo en áreas pobres



Fuente: Mejía, (2019)

Figura 2. Racimos cosechados en areas pobres

Durante el recorrido al campo de cultivo se hizo breves paradas para reconocer las áreas y conversar con los encargados sobre su función y obtener información como: método de fertilización utilizado, lámina de riego, protección de la fruta, calibración para la cosecha, etc.

Se le preguntó al encargado de la finca si actualmente estaban resolviendo alguna problemática del manejo u otro factor.

1.4.2 Fuentes primarias

Para ello fue necesario obtener la información en el área administrativa de la finca, donde se solicito información sobre el rendimiento anual que poseía la finca desde el año 2015 que fue donde inicio con la producción de musáceas hasta el año 2019 donde se llevó a cabo este diagnostico.

1.4.3 Fuentes secundarias

Tambien se adquirió información de la tesis para el título de ingeniero agrónomo quién realizó una investigación en el año 2018 por la empresa YARA Guatemala, para conocer la influencia de la nutrición en los rendimientos del cultivo de la finca, conocer el plan de fertilización que se utiliza actualmente y así también se solicitó historial de rendimientos anuales en el departamento de fruta, para conocer si existe un aumento o declive y que porcentaje.

1.4.4 Procesamiento de datos para el perfilado de racimos

La identificación de los problemas se obtuvo por medio de una entrevista que se realizaba mensualmente en el área de perfilado de racimos, que se realizó con el fin de obtener información acerca del peso de fruta de primera y porcentaje de los daños mecánicos y fisiológicos.

La práctica se basó en realizar el perfilado de ocho racimos mensuales de febrero a Julio del 2019, así fue como se reunió un historial que reflejó un dato promedio de los principales daños ocasionados en la fruta, y para ello se utilizó el diseño de una boleta que aborde características sobre la fruta de primera y contenga los diferentes tipos de daños que se pueden dar en la fruta tanto mecánicos como fisiológicos.

Para la determinación de factores que se toman en cuenta en el rendimiento de la finca es necesario calcularlos al momento de los perfilados de los racimos, a continuación se detalla la fórmula de tres de estos factores:

A. Fórmula para determinar el factor de conversión

$$F.C = \text{kg B} / 18.72 \text{ kg.}$$

F.C = factor de conversión.

Kg B = kilogramos de fruta buena aprovechable para empaque.

18.72 kg = peso de caja + fruta para exportación.

B. Fórmula para determinar el porcentaje de pérdida de fruta

$$\% \text{ pérdida de fruta} = \text{kg Ds} * 100 \% / \text{kg T racimo.}$$

% pérdida de fruta = porcentaje de fruta de rechazo.

Kg Ds = kilogramos de fruta de desperdicio.

Kg T racimo = peso total del racimo sin el raquis.

C. Fórmula para determinar el peso total del racimo

Peso/racimo = kg B + kg Ds.

Peso/racimo= peso total en kilogramos del racimo.

Kg B = kilogramos de fruta buena aprovechable para empaque.

Kg Ds = kilogramos de fruta de desperdicio.

1.4.5 Análisis de la información (de priorización de problemas)

El proceso de priorización consistió en definir los elementos más relevantes de las situaciones problemáticas, capaces de generar consecuencias para encontrar la problemática que se convertiría en la situación que se debe intervenir comunicacionalmente. (Orellana, 2017)

A. Matriz de priorización de problemas (Matriz de Vester)

Por medio de una matriz se estableció un diagrama con los principales daños en los racimos que limitan significativamente el rendimiento del cultivo de banano (*Musa sapientus*) de la finca Tolimán. Se realizó de la siguiente manera:

Se determinó entre todos los daños identificados, cuales eran los más importantes para aumentar los rendimientos del cultivo, tomando los más altos porcentajes en pesos como influyentes.

Para cada problema, se contó cuántas veces aparece en la matriz y así se pudo ordenar por orden de frecuencia, el problema que apareció más veces es el más importante.

1.5 RESULTADOS

El principal problema que se determinó fue el peso general del racimo (sin pizote o raquis) arrojando 25.58 kg por racimo. Contemplando en el perfilado una media de 21.71 kg de fruta de primera y 3.87 kg de rechazo.

1.5.1 Programa de fertilización utilizado

De acuerdo a la información solicitada con la administración se determinó que la finca lleva a cabo dos métodos de fertilización por épocas, en época seca utiliza el fertirriego y en época de lluvia de forma manual (al voleo). En el cuadro 1 se detalla el programa de nutrición planificado por la finca, basándose básicamente en mezclas físicas solubles.

Cuadro 1. Programa de nutrición de la finca Tolimán

Fertilizante	Kg/ha/año							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
DAP	118.97	304.04	0	0	0	0	0	0
Sulfato de amonio	188.5	0	0	0	0	215.47	0	0
Estándar								
0-0-62	0	0	507	0	0	0	0	0
Nitrato de amonio	281	0	0	0	0	0	0	0
Total kg/ha/año	588.87	304.04	507	0	0	215.47	0	0

Fuente: Duque, (2019).

1.5.2 Historial de rendimiento en la finca Tolimán, Tiquisate

La finca tolimán determina anualmente el total de cajas y racimos cosechados para obtener el rendimiento de la plantación, dicho rendimiento es afectado por el factor de conversión el cual es un índice de incremento. En el cuadro 2 se detalla el rendimiento del sector #4 de la finca con producción de banano (*Musa sapientum L.*) donde se analizó que el año 2015 al 2016 descendió en 15.25 % de rendimiento, en 2016 al 2017 aumentó 32.93 % y en 2017 al 2018 también aumentó en un 13.26 %.

Cuadro 2. Rendimiento y factores relacionados, el área de la finca es de 199 ha en producción

Año	Cajas	Racimos	Factor de conversión	Rendimiento cajas/ha/año	Análisis del rendimiento (%)
2015	363,748	549,099	0.67	1,827.88	-----
2016	308,280	444,646	0.68	1,549.15	-15.25
2017	409,800	471,230	0.88	2,059.30	32.93
2018	464,177	486,200	0.95	2,332.55	13.26
Hasta semana 38 del 2019	425,382	386,689	1.10	2,137.60	-----

Fuente: Finca Tolimán, (2019). Diagramación: Mejía, (2020).

En el año 2018 se evaluó cuatro programas de nutrición donde en el primer ciclo del cultivo no se encontraron diferencias significativas, en el cuadro 3 se especifica los rendimientos de los tratamientos evaluados, ya que, tres de ellos fueron programas de la empresa YARA Guatemala y el cuarto fue el programa de nutrición de la finca local. De esta investigación se identificó que el programa D2 con dosis de 454.97 kg de N, 59 kg de P, 497.76 kg K, 84.86 kg CaO, 44.37 kg MgO, 123.27 kg S, 3.37 kg B y 5.68 kg Zn obtiene los mejores rendimientos hasta 3,162 cajas exportables/ha/año, incrementando 663 cajas por año con

respecto al programa actual, lo que hace un equivalente a 483.44 contenedores más al año por las 700 ha que tiene la finca en su totalidad.

Cuadro 3. Rendimiento por hectárea en el primer ciclo (Perfiles de racimos – (factor*densidad*retorno))

Tratamiento	Cajas/ha
Dosis 1	2,575.50
Dosis 2	3,162.00
Dosis 3	2,805.00
Testigo relativo	2,499.00

Fuente: Duque, (2019).

1.5.3 Procesamiento de datos de perfilados de racimos

En los siguientes cuadros 4, 5, y 6 se muestra la recopilación de información de las visitas a la planta empacadora durante los meses de febrero a julio del 2019.

Cuadro 4. Perfilados de los racimos

Empresa: Tolimán	Fecha: año 2019	EMPACADORA: __4	Sistema de gestión de sostenibilidad
FORMATO DE EVALUACIÓN DE PERFIL DE RACIMO POR CABLE CODIGO SGBEB-F-03 LM			
Descripción de los factores ifluyentes en el rendimientos			
Cantidad de manos	7.27	Aprovechamiento (%)	84.88
Calibración basal (mm)	44.33	Rechazo (%)	15.04
Clibración apical (mm)	41.23	Potencial racimo (racimos/caja)	2.10
Peso fruta 1era. (kg)	21.91	Merma cosecha (%)	11.48
Peso rechazo (kg)	3.91	Dedos general	115.43
Peso general racimo (kg)	25.82	Dedos caja	97.57
Factor de conversión	1.18		

Fuente: elaboración propia, (2019).

Comparando los datos del cuadro 4, con perfilados en otras fincas en la costa sur de Guatemala. La finca Tolimán tiene un promedio 21.91 kg de fruta de primera y un factor de conversión promedio 1.18 y en una evaluación realizada en finca Guanipa 1, Cerro Colorado, La Gomera, Escuintla, se reportaron peso de fruta buena perfilada para empaque promedios de 28.3 kg. hasta 36 kg. con un promedio de factor de conversión que oscilaron de 1.51 a 1.93. El análisis anterior mencionado, determina la existencia de fincas que poseen mejores rendimientos teniendo mejores peso de fruta de primera, menos fruta rechazada. (Estrada, 2019)

Para el cálculo de rendimiento de la finca se habló de un aprovechamiento del racimo el cual se obtuvo un 84.88 % que generó un 15.04 % de fruta rechazada. Para la finca esta fruta rechazada provoca un trueque con el rendimiento, si el porcentaje de desperdicio desciende entonces, el rendimiento asciende y viceversa. En el desperdicio la finca los divide según su procedencia; en daños por merma y en daños en campo, por merma se le conoce a cualquier daño que el personal de cosecha le puede ocasionar a la fruta en el transporte hacia la planta empacadora como se puede describir en el cuadro 5.

Cuadro 5. Perfilado de daños por merma de cosecha

Desglose de rechazo por daños mecánicos en la cosecha		
No.	Merma de cosecha	Kg
1	Golpe	0.181
2	Fricción	2.236
3	Punta de dedo	1.111
4	Daño de cuello	0.185
5	Roce de pita	0.183
6	Daño de cuchilla/fomi	0.125
7	Daño de uña/hoja	0.030

Fuente: elaboración propia, (2019).

Los daños en campos pudieron ser generados por diversos factores como lo son las plagas y enfermedades, nutrición, climaticos o por selección, estos mencionados se describen en el cuadro 6.

Cuadro 6. Perfilado de daños por diversos factores en el campo

Desglose del desperdicio por diversos factores en el campo de cultivo					
No.		Kg	No.		Kg
1	Cicatriz de cultivo	0.011	9	Dedo corto	0.376
2	Cicatriz de crecimiento	0.531	10	Dedo rajado	0.027
3	Fricción de viento	0.423	11	Bajo grado	0.324
4	Mal formado	0.767	12	Dedos buenos por saneo	0.504
5	Dedos cuaches	0.039	13	Cicatriz guarera	0.674
6	Mancha de madurez	0.072	14	Cicatriz chimera	0.036
7	Latex	1.458	15	Moquillo	0.026
8	Quema de sol	0.332			

Fuente: elaboración propia, (2019).

1.5.4 Priorización de daños en los racimos perfilados

Se estimó que cinco problemas de mayor relevancia en los perfilados forman parte del obstáculo para aumentar el rendimiento de la finca, para ello en el cuadro siete se consideraron estos problemas para darles priorización en atención inmediata. en el cuadro 7 y 8, se detalla que el peso general del racimo es el influyente para que la finca logre obtener mejores rendimientos en su cultivo, seguidamente por los daños mecánicos.

Cuadro 7. Resultado de la matriz de priorización de problemas

Problemas	Peso general del racimo	Daños mecanicos	Daño por latex	Daño por mal formado	Daño por cicatriz guarera
Peso general del racimo		Peso general del racimo	Peso general del racimo	Peso general del racimo	Peso general del racimo
Daños mecanicos			Daño mecanicos	Daños mecanicos	Daños mecanicos
Daño por latex				Daño por mal formado	Daño por mal formado
Daño por mal formado					Daño por cicatriz guarera
Daño por cicatriz guarerra					

Fuente: elaboración propia, (2019).

Cuadro 8. Resultados de análisis de la priorización de problemas

Problema	Frecuencia	Rango
Peso general del racimo	4	1
Daños mecanicos	0	5
Daño por latex	3	2
Daño por mal formado	2	3
Daño por cicatriz guarera	1	4

Fuente: elaboración propia, (2019).

1.6 CONCLUSIONES

1. Se identificó que el rendimiento de la finca tolimán ha mostrado un aumento anual, siendo el año 2018 el mayor rendimiento de 2,333 cajas/ha/año equivalente a 44 T/ha^{-1} , dicho resultado continúa siendo bajo para la zona local donde se han encontrados rendimientos hasta de 70 T/ha/año .
2. En el análisis de la matriz de priorización de problemas se determinó que en perfiles de los racimos el principal problema es el peso general del racimo con 25.82 kg. Seguido por los daños mecánicos ocasionados en la cosecha, siendo la fricción (2.24 kg/racimo) y punta de dedo (1.11 kg/racimo) los de mayor presencia en los frutos.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Para generar un aumento en el peso de los racimos, se recomienda actualizar anualmente los programas de fertilización tomando en cuenta lo que existe ya en el suelo y el rendimiento que se espera obtener. Se debe de continuar con investigaciones con mejoras en sus programas de nutrición, ya que el programa que se cuenta no ha sido actualizado.
2. Para reducir los daños mecanicos causados en la cosecha, se recomienda tener mayor supervisión para que el personal de cosecha cumpla con el trato correcto a los racimos, con la fricción debe cumplirse que se les coloque protección con papel fomi a todas las manos o pencas del racimo y deberá aplicarse suficiente agua al racimo para remover el polvo u otras particulas que puedan generar fricción y para ello se debe de verificar que los cosecheros cuente con agua en el campo. El daño punta de dedo se debe de verificar frecuentemente que los cosecheros mantengan las uñas recortadas, ya que este daño se ocasiona cuando se inserta la uña al fruto.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

- Álvaro, G. (2013). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión*. Tesis de Licenciatura. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ciencias económicas. 131 p. [Http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0854_v6.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0854_v6.pdf)
- Coordinadora nacional para la reducción de desastres. (2015). *Amenaza por deslizamiento e inundaciones departamento de Escuintla, municipio*. [Https://conred.gob.gt/site/mapas/municipales_ameindes/ESCUINTLA/TIQUISATE/ESCUINTLA%20506.pdf](https://conred.gob.gt/site/mapas/municipales_ameindes/ESCUINTLA/TIQUISATE/ESCUINTLA%20506.pdf)
- Duque, A. (2019). *Evaluación del efecto de cuatro niveles de un programa de nutrición sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de banano (Musa sapientum L.), en un suelo molisol, perteneciente a la finca Tolimán, diagnóstico y servicios realizados en las fincas Bellamar 1 y Tolimán, Tiquisate, Escuintla, Guatemala, C.A.* Tesis de Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 193 p. [Http://www.repositorio.usac.edu.gt/12193/1/Integrado%2C%20Alejandro%20Duque%202019.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/12193/1/Integrado%2C%20Alejandro%20Duque%202019.pdf)
- Estrada, M. (2019). *Evaluación de dos tipos de manejo de tejido en el fruto del cultivo de banana Musa paradisiaca L. en la Gómera Guanípa 1, Cerro Colorado, La Gómera, Escuintla*. Tesis de Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 78 p. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12901/1/TRABAJO%20DE%20GRADUACION%20%20MARLON%20ESTRADA.pdf>
- Ortega, J. (2013). *Clasificación de zona de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 28 p. [Https://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACION_DE_ZONAS_DE_VIDA_DE_GUATEMALA](https://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACION_DE_ZONAS_DE_VIDA_DE_GUATEMALA)
- Tobías, H., & Lira, I. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala. [Https://www.maga.gob.gt/download/clasificacion-suelo.pdf](https://www.maga.gob.gt/download/clasificacion-suelo.pdf)

1.9 ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2019

Figura 3A: Daños mecanicos en la cosecha



Fuente: elaboración propia, 2019

Figura 4A: Daños por diversos factores durante el desarrollo del fruto

Empresa: tolimán		FORMATO EVALUACIÓN DE PERFIL DE RACIMO POR CABLE CODIGO SGBEB-F-03 LM						SISTEMA DE GESTIÓN DE SOSTENIBILIDAD		
fecha de emisión: 01/03/2018		No. De edición: 01			fecha de edición: 07/05/2018			página 1 de 1		
EMPACADORA: 4		FECHA: agosto 2019			SEMANA:			NO- 70101		
EDAD DE CINTA:		26/02/2019			10:00			17:00		
		26/02/2019			26/06/2019			19/07/2019		
No.	Descripción	resumen	resumen	resumen	resumen	resumen	resumen	resumen	resumen	promedio
1	Cinta	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Kg
2	Cuadrilla									
3	Cable No.	1,18,15,20,11,6,4,1	11,26,1,13,4,11	2,25,5,10,14,14,19	6,6,26,19,05,14,21,11	1,2,19,20,19,13,22,19	14,18,9,3,5,11	17,7,5,13,8,3		
4	Cantidad de Manos	7.25	6.75	7.75	7.62	6.87	7.17	7.5		7.27
5	Calibración Basal	45.12	45	43.88	45.13	43.5	43.67	44		44.33
6	Calibración Apical	42.25	42.25	40.63	41.75	40.25	40.67	40.83		41.23
7	Peso Fruta 1era.	47.46	44.8	48.86	54.34	43.1	48.43	50.38		21.91
8	Peso Desperdicio	7.6	7.98	13.3	7.2	10.07	6.08	7.95		3.91
9	Peso General Racimo	55.11	52.78	62.16	61.54	53.17	54.51	58.33		25.82
10	Conversión	1.16	1.10	1.20	1.33	1.06	1.19	1.23		1.18
11	% Aprovechamiento	86.12	84.88	78.60	88.30	81.06	88.85	86.37		84.88
12	% Desperdicio	13.80	15.17	21.40	11.70	18.44	11.15	13.63		15.04
13	Potencial Racimo	1.35	1.29	1.52	6.51	1.30	1.33	1.42		2.10
14	% Merma Cosecha	9.01	11.01	39.85	7.38	7.14	2.86	3.12		11.48
15	Dedos General	114	106	117	126	105	118	122		115.43
16	Dedos Caja	98.00	96.00	97.00	95.00	99.00	99.00	99.00		97.57
		DESGLOSE DEL DESPERDICIO EN LIBRAS								
No.	Descripción									lineas
1	Golpe	0	0.37	1.16	0	0.7	0.16	0		0.18
2	Fricción	2.63	12.39	2.88	6.33	4.07	1.22	0.53		2.24
3	Punta de Dedo	1.13	1.1	4.13	2.85	3.18	2.28	2.49		1.11
4	Daño de Cuello	1.01	0.37	0.61	0.28	0.17	0	1.43		0.18
5	Roce de Pita	0	0	0	1.38	1.04	0	0		0.18
6	Daño de Cuchilla/fomi	0.64	0	0.73	0.28	0	0	0		0.13
7	Daño de Uña/hoja	0	0	0	0	0.24	0.16	0		0.03
8	Cicatriz de Cultivo	0	0	0	0.15	0	0	0		0.01
9	Cicatriz de Crecimiento	2.78	0.55	1.38	1.93	0.37	0	0.98		0.53
10	Fricción de Viento	4.41	0	0	0	0	1.18	0		0.42
11	Ceniza Volcánica (fricción)	0	0	0	0	0	0	0		0.00
12	Mal Formado	1.77	0.4	1.71	1.44	3.7	1.1	1.75		0.77
13	Dedos Cuaches	0	0	0.24	0	0.28	0	0		0.04
14	Dedos Podridos	0	0	0	0	0	0	0		0.00
15	Mancha de Madurez	0.49	0	0	0.46	0	0	0		0.07
16	Daños Costurera	0	0	0	0	0	0	0		0.00
17	Daño Tortuguilla	0	0	0	0	0	0	0		0.00
18	Latex	0	1.41	14.78	1.22	1.84	0	0.65		1.46
19	Quema de Sol	0.95	2.33	0	0	0	1.1	0		0.33
20	Dedo corto	1.32	0	2.69	0.95	0	0	1.75		0.38
21	Dedo rajado	0.12	0	0.24	0	0	0	0		0.03
22	Sobre Grado	0	0	0	0	0	0	0		0.00
23	Bajo Grado	0	0	0	0	0.73	3.55	1.18		0.32
24	Dedos Buenos por Saneamiento	1.22	0.61	1.74	0.37	1.93	0.78	0.94		0.50
25	Dedos buenos por Selección	0	0	0	0	0	0	0		0.00
26	Especkling	0	0	0	0	0	0	0		0.00
27	Daño de Ratón	0	0	0	0	0	0	0		0.00
28	Cicatriz Guarera	0	0	0	0	5.72	3.18	7.87		0.67
29	Daño de Hormiga	0	0	0	0	0	0	0		0.00
30	Daño Cuchilla por campo	0	0	0	0	0	0	0		0.00
31	Fumagina	0	0	0	0	0	0	0		0.00
32	Cicatriz Chimera	0.24	0	0.24	0	0	0	0		0.04
33	Punta Cigarro	0	0	0	0	0	0	0		0.00
34	Tripx	0	0	0	0	0	0	0		0.00
35	Moquillo	0	0	0	0	0.18	0.16	0		0.03
Total Libras / Lineas Perdidas		18.71	19.53	32.53	17.64	24.15	14.87	19.57		9.65

Fuente: finca Tolimán, (2019)

:Figura 5A: Libreta de información de los perfilados de los racimos (kg)



**2 CAPÍTULO II
INVESTIGACIÓN**

EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum*, L) SOBRE EL RENDIMIENTO EN UN SUELO MOLISOL, PERTENECIENTE A LA FINCA TOLIMÁN TIQUISATE, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.

EVALUATION OF FOUR FERTILIZATION PROGRAMS IN BANANA (*Musa sapientum*, L) CULTURE CULTIVATION ON THE YIELD IN A MOLISOL SOIL, BELONGING TO THE TOLIMÁN TIQUISATE FARM, DEPARTMENT OF ESCUINTLA.

2.1 PRESENTACIÓN

Durante las últimas cuatro décadas del siglo XX, el banano en Guatemala mantuvo la superficie plantada (20,000 ha) más estable de todos los países exportadores de banano de América Latina. El cultivo de banano en Guatemala fue la tercera fuente en importancia de ingresos procedentes de la exportación agrícola, después del café y la azúcar. Durante los años noventa la producción incremento rápidamente a una tasa del 5 % anual. (Arias, Dankers, Liu & Pilkauskas, 2004) Actualmente las empresas bananeras ocupan un lugar preponderante dentro del marco de la economía nacional, porque además, de ser generadoras de divisas se constituyen en fuentes de trabajo en la costa sur-occidental como en la costa norte del país. (Jiménez, 2014)

La finca Tolimán, Tiquisate, departamento de Escuintla es una empresa enfocada a la producción de banano y plátano, que se basa en un programa de nutrición tomando en cuenta los elementos (nitrógeno, fósforo, potasio y azufre) que junto con el resto de labores mantienen un rendimiento de 46.9 T.ha⁻¹. A mediados del año 2019 se contemplan pesos de racimos que oscilan de 25 kg a 28 kg, en investigaciones realizadas en una zona aleadaña se han encontrados medias en el peso de racimo de 35 kg a 40 kg. (Cárdenas, 2016)

La investigación consistió en darle seguimiento a la evaluación de cuatro programas de nutrición que tomó inicio en el año 2018, y corresponde al segundo año donde se avaluó la respuesta en la tercera generación del cultivo. Como resultado de la generación evaluada estadísticamente no se obtuvo diferencia significativa en rendimiento, donde el tratamiento dosis baja D1 (N-364.08; P₂O₅-47.33; K₂O-398.21; CaO-67.89; MgO-35.50; S-98.61; B-2.88 y Zn-5.38 kg/ha/año), la dosis media D2 (N-454.97; P₂O₅-59.16; K₂O-497.76; CaO-84.86; MgO-44.37; S-123.27; B-3.37 y Zn-5.68 kg/ha/año), la dosis alta D3 (N-568.59; P₂O₅-73.95; K₂O-622.20; CaO-106.08; MgO-55.46; S-154.08; B-3.99 y Zn-6.05 kg/ha/año) y el testigo relativo (N-588.87; P₂O₅-304.04; K₂O-507; CaO-0; MgO-0; S-215.47; B-0 y Zn-0 kg/ha/año) obtuvieron rendimientos que oscilaron de 49 a 52.5 T.ha⁻¹.

Para ello, económicamente el tratamiento dosis baja (D1) obtuvo la relación benéfico/costo más alta de 12.41, el cual es el recomendado para aumentar y generar mejoras en sus ingresos.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Caracteres botánicas del cultivo de banano (*Musa sapientum* L.)

Es una planta herbácea de la cuál surgen varios individuos conocidos como madre, hija, nieta. Posee raíces superficiales distribuidas radialmente en los primeros 30 cm del suelo y alcanza un largo de 1.5 m a 2 m, los rizomas o cormos que posee producen una yema vegetativa que sale de la planta madre y sufre un cambio anatómico y morfológico de los tejidos, sus hojas poseen diferentes formas que sirven para estimar las etapas morfológicas y fenológicas del cultivo, y las Inflorescencia están dispuesta en forma de racimo que contiene las flores femeninas (dan origen a las manos y dedos) y flores masculinas. (Fagiani & Tapia, 2013)

B. Necesidades nutricionales del cultivo de banano

El cultivo de banano requiere de elementos químicos indispensables para el desarrollo y crecimiento de la planta los cuales se denominan elementos esenciales. Dentro del grupo de elementos esenciales tenemos el carbono (C), el oxígeno (O) y el hidrógeno (H) que los podemos encontrar en la atmósfera y en el agua.

El otro grupo de elementos son absorbidos por la planta del suelo y estos se subdividen en tres grupos; primarios, secundarios y menores.

Los primarios son los que se requieren en mayor cantidad estos son: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Los secundarios son los que se requieren en bajas cantidades los cuales son: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Y finalmente la planta requiere de elementos menores los cuales esta necesita en cantidades muy pequeñas y estos son: zinc (Zn), boro

(B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y sodio (Na). En el cuadro 9 se muestran los contenidos nutricionales para el banano (*Mussa spp*). (Arriola, 2019)

Cuadro 9. Contenidos de nutrientes en la planta y en el racimo de banano.

(kg/ha/año)			(%)
Nutrientes	Planta	Racimos	Fruto/total
N	265	132	49.80
P	36	18	50.00
K	760	357	46.90
S	16	4	25.00
Ca	109	12	11.00
Mg	189	28	14.80

Fuente: Figueroa & Lupi, (2017).

No quedan dudas sobre las grandes cantidades de nutrientes que este cultivo acumula en la biomasa. La secuencia $K > N > Mg > Ca > P > S$ indica que del total de la planta, el 74 % solo incluyen el K y el N. Resulta más notorio aún lo ocurrido en los racimos. Respecto de la cantidad total contenida allí, el K y el N comprenden más del 80 % de los nutrientes exportados. Para cada uno de ellos se estima que solamente las pérdidas por remoción pueden ser de 400 kg de K/ha/año y 125 kg de N/ha/año para una producción de 70 T de fruta. (Figueroa & Lupi, 2017)

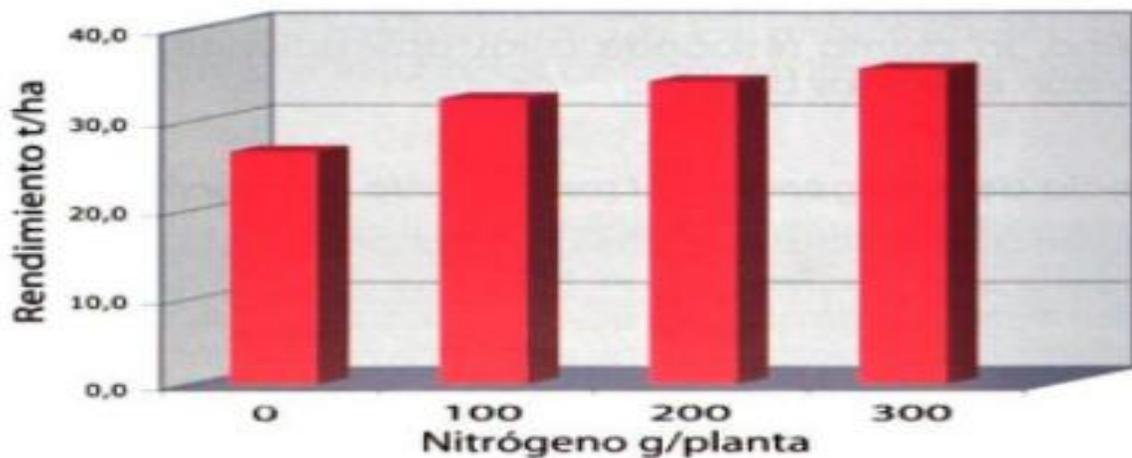
C. Importancia de los elementos en los programas de fertilización

Los programas de fertilización del cultivo de banano (*Musa sapientum* L.) se basan en nitrógeno y potasio debido a que son los elementos más demandados por la planta. Sin

embargo, se ha demostrado que el uso del resto de los elementos esenciales se hace necesario para brindar a la planta las mejores condiciones nutricionales. (Rosales, Tripon & Cerna, 1998)

a. Nitrógeno (N)

En todas las explotaciones de banano la fertilización nitrogenada es una práctica común, utilizando urea o sulfato de amonio. Los dos fertilizantes, indistintamente, producen incrementos significativos en el peso del racimo con relación al testigo sin fertilizar; en las pruebas de campo los productores pueden obtener resultados como se observa en la figura 6. (Armijos, 2008)



Fuente: Armijos, (2008).

Figura 6. Rendimiento ($T \cdot ha^{-1}$ del banano por la fertilización nitrogenada).

En el cuadro 10, se detalla la aportación de nitrógeno por parte del suelo en cantidades significativas, mencionado por investigaciones, para generar un aumento en el rendimiento debe aplicarse cantidades significativas de nitrógeno.

Cuadro 10. Respuesta del cultivo de banano a dosis crecientes de nitrógeno. Finca agrícola ganadera Cariari.

Tratamiento (kg de N/ha/año)	Peso de racimo	Retorno	Cajas/ha/año
0	26.53	1.08	2,115
80	26.09	1.13	2,168
160	26.92	1.17	2,336
240	28.98	1.18	2,515
320	31.12	1.26	2,867
400	29.59	1.22	2,667
480	31.11	1.25	2,866
560	29.47	1.28	2,794
640	31.26	1.10	2,535
720	30.45	1.28	2,867

Fuente: Rosales, Tripon & Cerna, (1998).

b. Potasio (K)

El potasio en el cultivo de banano es esencial en mantener la planta hidratada y regular la apertura de los estomas, en la acumulación y translocación de carbohidratos sintetizados nuevos e importante en la síntesis de celulosa. Se puede decir que es uno de los elementos más importantes en la nutrición del banano. La carencia de K provoca como resultado fruta de bajo peso, corta, delgada y muy susceptible a la madurez temprana. La deficiencia de K es quizá el factor nutricional que más daño causa a la industria bananera a nivel internacional. (Gauggel & Arévalo, 2010)

Las dosis requeridas son las siguientes: suelos ricos en illitas entre 750 kg a 1,200 kg de kg/ha/año. En suelos arcillosos esméctiticos 650 kg a 900 kg de K/ha. En suelos francos de mineralogía mixta, friables 550 kg/ha/año. La fuente más común de fertilizante es el KCl

pero en suelos salinos y/o sódicos se debe usar sulfato de potasio y evitar los cloruros. (Gauggel & Arévalo, 2010)

A continuación, se muestran los cuadros 11 y 12 con información de diferentes dosis de K_2O recomendado para el cultivo de banano, utilizando diferentes fuentes de potasio en distintos años:

Cuadro 11. Dosis de potasio con mayor rendimiento en banano.

Autor	K_2O/ha/año	Fuente
Garita, (1980)	750	KCl
Arias, (1984)	750	K_2SO_4
Hernández, (1985)	600	KCl
López, (1993) sin publicar	720	KCl, KNO_3

Fuente: Rosales, Tripon & Cerna, (1998).

Cuadro 12. Fuente de potasio y año de estudio.

Sulfato de K, 1984		Cloruro de K, 1985		Cloruro de K, 1994	
Dosis de K (kg K_2O ha/año)	Productividad (cajas/ha/año)	Dosis de K (kg K_2O ha/año)	Productividad (cajas/ha/año)	Dosis de K (kg K_2O ha/año)	Productividad (cajas/ha/año)
0	2,195	0	2,260	0	2,435
150	2,280	200	2,360	250	2,527
300	2,460	400	2,475	500	2,620
450	2,555	600	2,890	750	2,958
600	2,570	800	2,680	1,000	2,733
750	2,610	1,000	2,530	1,250	2,738
900	2,530	1,200	2,505	-	-
1,050	2,540	-	-	-	-

Fuente: Rosales, Tripon & Cerna, (1998).

En respuesta de tres ensayos con diferentes fuentes de potasio. Si se compara los tratamientos sin potasio con las dosis óptimas de potasio (entre 600 kg y 750 kg de K_2O /ha/año) se observa cómo la fertilización con potasio hace una diferencia de 400 a 500 cajas/ha/año, tomando en cuenta que el suelo aporta potasio en cantidades significativas. (Rosales, Tripon & Cerna, 1998)

c. Fósforo (P)

El fósforo ayuda a producir un rizoma sano y un sistema de raíces fuerte. Además, tiene influencia en la fijación de las flores y en el crecimiento vegetativo general. Es uno de los tres nutrientes primarios y es absorbido por las raíces de la planta de banano, principalmente en la forma de ortofosfato ($H_2PO_4^-$). (Ferreyra, 2016)

El banano requiere cantidades relativamente pequeñas de P puesto que hay una gran transferencia de la madre al hijo, nieto etc. y las deficiencias de este elemento son raras después de la primera generación. Las dosis dependen del tipo de suelo, en suelos calcáreos y arcillosos (suelos con propiedades verticas) se requiere entre 75 kg a 150 kg de P_2O_5 /ha. En suelos ácidos como ultisoles y oxisoles también se requieren dosis altas. En suelos francos, franco arenosos y con pH de ligeramente ácido a neutro usualmente se requieren 50 kg de K/ha. (Gauggel & Arévalo, 2010)

d. Azufre (S)

La respuesta a la fertilización con azufre no ha sido de tanto impacto en el cultivo como las respuestas al N y K. Sin embargo, el elemento ha sido considerado de importancia en los programas de fertilización ya que los niveles de nutrimento en el suelo generalmente son bajos. (Rosales, Tripon & Cerna 1998)

Se considera que anualmente se remueve alrededor de 23 kg de S/ha en una plantación con una productividad de 50 T.ha⁻¹.año de fruta. Esta remoción puede conducir a deficiencias si no se repone el S extraído. (López, 1994)

e. Calcio y magnesio

Estos dos elementos secundarios también, son necesarios en los programas de fertilización del cultivo pero sólo en ciertas zonas donde los suelos presentan limitaciones de ellos. López, (1991) en un ensayo de calcio y magnesio encontró la mejor respuesta a la aplicación de 100 kg de MgO/ha/año suplidos con sulfato doble de potasio y magnesio. En este ensayo no se encontró respuesta la aplicación de calcio como carbonato de calcio. Se necesita más investigación sobre estos dos elementos, para definir fuentes y dosis en aquellos suelos que lo requieran. (Rosales, Tripon & Cerna, 1998)

En las zonas productoras de banano (clon gran enano) en Guatemala se tiene estimado para una producción de 70 T.ha⁻¹, un requerimiento de 18 kg de MgO/ha y 9 kg de Ca//ha (Infoambiental, 2009)

f. Elementos menores: hierro, cobre, zinc, boro y manganeso

Los elementos menores también juegan un papel importante en la nutrición del cultivo de banano. La decisión para aplicarlos se fundamenta en los análisis de suelos y foliares y en los síntomas de deficiencia visual de los elementos. Últimamente se le ha dado más importancia de zinc y boro debido a que los contenidos de los elementos son generalmente bajos en el suelo y en el tejido foliar. Hay poca investigación con respecto a las dosis de aplicaciones de estos nutrimentos. Para la aplicación de zinc se ha preferido hacerlos vía foliar utilizando quelato de zinc. (Rosales, Tripon & Cerna, 1998)

D. Programas de nutrición implementados en regiones de Latinoamérica

A continuación se detalla un resumen de las dosis medias recomendadas en la fertilización de banano en diversas regiones de América (cuadro 13).

Cuadro 13. Programas de nutrición implementados en regiones de Latinoamérica.

Dosis de kg/ha/año									
Región	Autores	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	CaO	MgO	Zn	B
Quito, Ecuador	(López & Espinosa 1995)	300 a	0 a	100 a	50		100	1	
	(Espinosa & Mite 2013)	320	300	1,200					
Ecuador	(Jaramillo 2018)	300 a		500 a					
		400		700					
		350 a	75 a	650 a	aplicaciones de calcio, magnesio, zinc, azufre, sílice y boro				
		600	150	900					
Costa Rica Oeste	(Rosales, Tripon & Cerna 1998)	350 a	50 a	500 a	60 a	560 a	50 a		
		400	100	700	100	1,120	200		
Costa Rica Este	(Rosales, Tripon & Cerna 1998)	350 a	0 a 50	600 a	60 a	0	0 a 50		
		400		700	100				
Costa Rica Sur	(Rosales, Tripon & Cerna 1998)	350 a	0 a 50	500 a	60 a	0	50 a		
		400		600	100		200		
América Latina	(Figuerola & Lupi 2017)	300	36	600 a	16	109	189		
				675					
Perú	(Torres 2012)	300 a	100 a	200 a	650 a		100		
		350	150	300	750				

Fuente: elaboración propia, (2019).

Todos los nutrientes ejercen funciones indispensables en el cultivo de banano, a continuación en el cuadro 14, se muestra el papel de los nutrientes específicos. (Ferreyra, 2016)

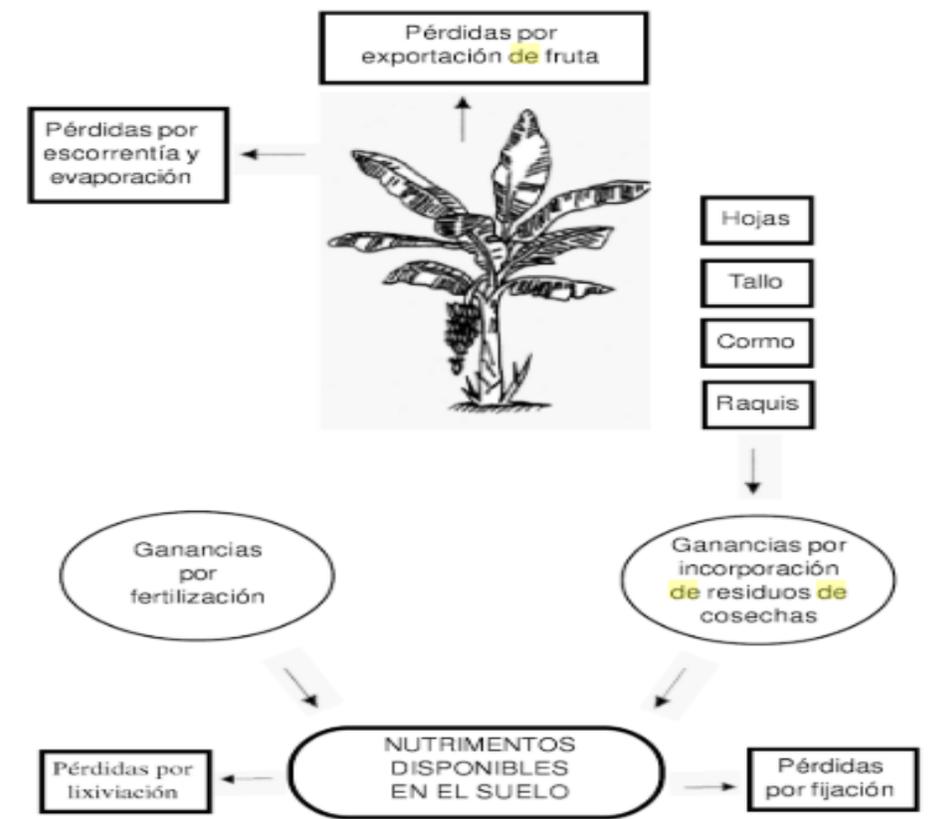
Cuadro 14. Relación de los elementos esenciales respecto a los parámetros de rendimiento y calidad.

	N	P	K	Mg	Ca	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Parámetros de rendimiento											
Rendimiento	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Peso racimo	+	+	+	+			+	+			
Manos/racimo	+		+					+			
Fruta/penca			+								
Número frutos			+								
Peso frutos			+				+	+			+
Diámetro fruto			+				+	+			+
Longitud fruto			+								
Parámetros de calidad											
Almidón	+	+	+								
Azúcares			+				+				+
Acidez	+						+				+
Relación azúcar/ácido			+								+
Sólidos solubles	+		+				+	+			+
Ácido ascórbico (vitamina C)			+				+	+			+
Desórdenes en la cáscara					-						

Fuente: Ferreyra, (2016).

E. Balance nutricional del cultivo de banano

Según la revista el universo (2010), menciona que las demandas nutricionales del cultivo de banano son: 350 kg a 400 kg N, 25 kg a 50 kg P_2O_5 , 600 kg a 700 kg K_2O (macronutrientes), y que en la investigaciones de la EARTH Costa Rica (Rosales, Tripon & Cerna, 1998) determinaron que la fruta exportable en una plantación altamente productiva es capaz de extraer 126.2 kg N, 14.5 kg P_2O_5 , 399 kg de K_2O , 10.2 kg Mg, 20.3 Ca, 1.6 kg de Fe, 0.3 kg Cu, 0.8 kg Zn y 0.8 kg Mn. Para ello se habla de un balance nutricional del cultivo que consiste en reponer por lo menos lo que extrae la fruta, pero como pueden observar más adelante en la figura 7, en la aplicación de fertilizantes se contemplan las perdidas por lixiviación por altas precipitaciones.



Fuente: Rosales, Tripon & Cerna, (1998).

Figura 7. Ciclaje de los nutrimentos en el cultivo de banano.

Está bien documentado que una fertilización equilibrada logran un buen rendimiento y mejor calidad en banano. La elección de fertilizantes, dosificación de nutrientes, tiempo de aplicación, etc. varían ampliamente con respecto a las regiones agroclimáticas y a la variedad. (Ferreyra, 2016)

La cantidad de K que la planta toma del suelo y que es eliminada del campo en los racimos cosechados es muy alta. Se estima que la pérdida anual del suelo sólo por la remoción por parte de los frutos, puede ser de 400 kg de K elemental (equivalente a 480 kg de K_2O) por ha con una producción de 70 T de fruta. Por esta razón, la planta de banano necesita un buen suministro de K, aún en aquellos suelos en donde los niveles de K son considerados altos. (Ferreyra, 2016)

Efectos de una fertilización adecuada en plantas de banano:

- Aumento en el rendimiento del cultivo mejorando su clasificación o en el peso del racimo.
- Reducción del tiempo necesario para la maduración del racimo de banano.
- Aumento en el número de racimos comercializables de buena calidad por ha.
- Mejora la calidad, en términos de características físicas y químicas, lo que le permite lograr un alto retorno de la inversión. (Ferreyra, 2016)

F. Calibración de análisis de suelos en cultivo de banano

El manejo de la nutrición hecho por la estandarización de los análisis foliares en banano continua siendo una buena herramienta de diagnóstico hasta la fecha. Investigaciones determinaron los niveles críticos en el tejido vegetal (figura 8) y permitieron obtener las dosis de los diferentes niveles de fertilidad del suelo (figura 9) en todos los países productores de banano en América Latina, usando como base los niveles críticos publicados por CORBANA. (Espinosa & Mite 2013)

Nutriente		Lámina (Hoja 3)	Nervadura central (Hoja 3)	Peciolo central (Hoja 7)
N	(%)	2.6	0.65	0.4
P	(%)	0.2	0.08	0.07
K	(%)	3.0	3.0	2.1
Ca	(%)	0.5	0.5	0.5
Mg	(%)	0.3	0.3	0.3
Na	(%)	0.005	0.005	0.005
Cl	(%)	0.6	0.65	0.7
S	(%)	0.23	-	0.36
Mn	(mg/kg)	25	80	70
Fe	(mg/kg)	80	50	30
Zn	(mg/kg)	18	12	8
B	(mg/kg)	11	10	8
Cu	(mg/kg)	9	7	5
Mo	(mg/kg)	1.5-3.2	-	-

Datos basados principalmente en investigación con la variedad Cavendish Enano. Algunos valores difieren en otros cultivares.

Fuente: Espinosa & Mite, (2013).

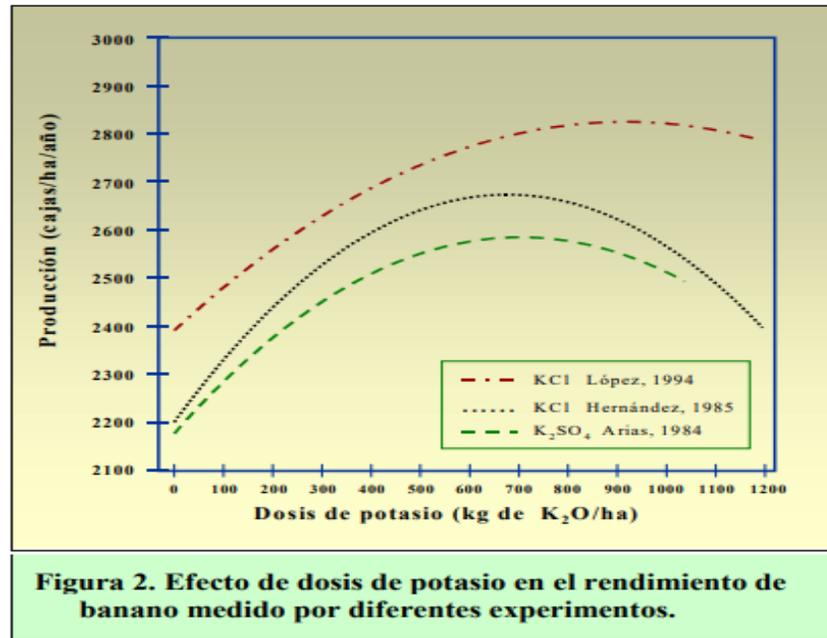
Figura 8. Niveles críticos en diferentes tejidos de plantas desarrolladas de banano.

Tabla 2. Dosis de fertilización de banano de acuerdo con los resultados del análisis de suelos (López y Espinosa, 1995).			
Nutriente	----- Nivel en el suelo -----		
	Bajo	Medio	Alto
Fósforo (mg/kg)	<10	10-20	>20
kg P ₂ O ₅ /ha/año	100	50	0
Potasio [cmol(+)/kg]	<0.2	0.2-0.5	>0.5
kg K ₂ O/ha/año	700	600	500
Calcio [cmol(+)/kg]	<3	3-6	>6
kg CaO/ha/año	1160	560	0
Magnesio [cmol(+)/kg]	<1	1-3	>3
kg MgO/ha/año	200	100	0
Nitrógeno	Indiferente		
kg N/ha/año	350-400		

Nutrientes extraídos con solución Olsen modificada.

Fuente: Espinosa & Mite, (2013).

Figura 9. Requerimientos críticos según la demanda del cultivo de banano.



Fuente: Espinosa & Mite, (2013).

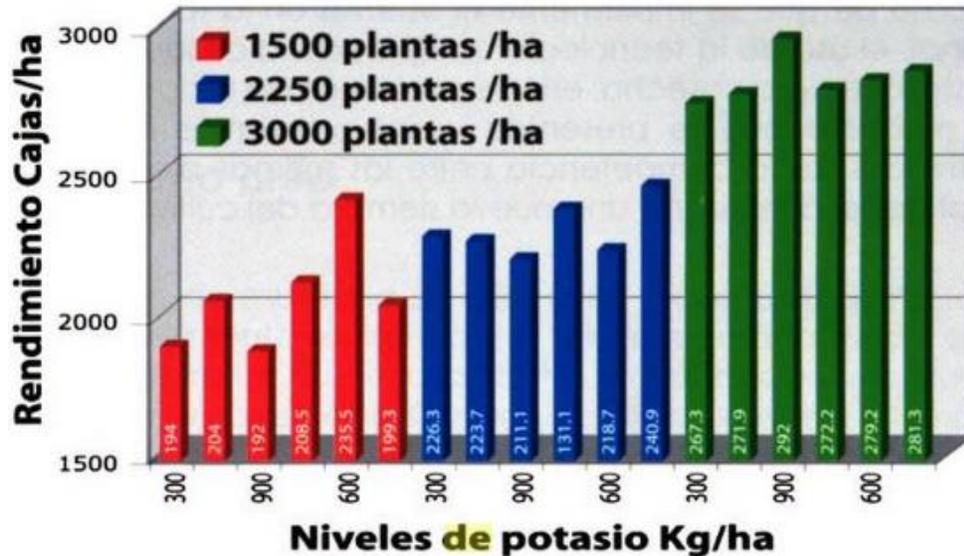
Figura 10. Comportamiento de potasio en diferente dosis.

En figura 10 detalla una comparación de los resultados de dosis de potasio (K) utilizadas para determinar el nivel crítico y las dosis a aplicarse de acuerdo con el análisis de suelos. Es interesante notar como las mismas dosis de K permiten mayores rendimientos a medida que pasa el tiempo. La parte más alta de las curvas se encuentra entre los niveles de 600 a 700 kg/ha de K₂O en todos los casos. Esta es la dosis usual de K₂O aplicada a suelos con contenido bajo de K y que fue determinada a partir de estos y otros experimentos conducidos en América Latina. (Espinosa & Mite, 2013)

G. Antecedentes de investigación de programas de nutrición

En un estudio realizado en la zona bananera subcentral en Costa Rica en una plantación comercial de banano, igualmente los factores densidad de plantas y niveles de nitrógeno y potasio influyeron en los rendimientos del banano. Respecto del número de plantas sembradas por unidad de superficie se encontró una relación directamente proporcional;

así, con la densidad más alta de 3,000 unidades por ha, el rendimiento de fruta exportable con cajas aumento en el 35 % y 75 % para el segundo y tercer ciclo de producción, en relación con lo obtenido con la menor densidad de plantas (figura 11). (Armijos, 2008)



Fuente: Armijos, (2008).

Figura 11. Producción de cajas/ha de banano con combinación de altas densidades de plantas y fertilización N-K.

Se observó un mejor efecto del nitrógeno sobre el rendimiento con la dosis mayor de 600 kg/ha, hecho que sucedió por igual durante tres ciclos de cosecha. En los tratamientos donde interactuaron los dos niveles de nitrógeno y densidades de plantas, la interacción más favorable se consiguió con la dosis de 600 kg de potasio. (Armijos, 2008)

En uno de los ensayos de nutrición instalados en Brasil por la empresa Haifa, refleja programas de nutrición hasta el tercer ciclo en el cultivo de banano que genero resultados significativos mostrando un bajo peso en los racimos en el ciclo posterior. (Armijos, 2008)

Tal como se muestra en el cuadro 15 el objetivo es para conocer la proyección de su programa de nutrición para ver si se obtienen mejores rendimientos en los siguientes ciclos del cultivo.

Cuadro 15. Efecto de K sobre rendimiento en el cultivo de banano en Brasil.

Segundo ciclo				
Tasa K₂O*(gr/planta)	Peso racimo (kg)	Peso total por racimo (kg)	Dedos / racimo	Manos / racimo
0	3.30	2.95	54.50	5.11
150	5.35	4.55	59.80	5.44
300	6.05	5.50	63.20	5.76
450	6.50	5.80	67.20	5.83
Tercer ciclo				
Tasa K₂O*(gr/planta)	Peso racimo (kg)	Peso total mano por racimo (kg)		
0	4.00	3.50		
150	5.80	5.15		
300	5.90	5.25		
450	6.15	5.30		

Fuente: Ferreyra, (2016).

El fósforo P, es indispensable en el establecimiento de la plantación pero luego su importancia decrece después de la tercera cosecha. Su función es como buffer de pH de la célula; control de la síntesis de almidones, en la respiración climatérica durante la madurez del fruto; conductor de energía. El banano requiere cantidades relativamente pequeñas de P puesto que hay una gran transferencia de la madre al hijo, nieto etc. y las deficiencias de este elemento son raras después de la primera generación. Se requiere entre 75 kg a 150 kg de P/ha. (Jaramillo, 2018)

Cuadro 16. Evaluación de 5 programas de fertilización en el cultivo de plátano en México.

Niveles	N (kg/ha-año)	P ₂ O ₅ (kg/ha-año)	K ₂ O (kg/ha-año)
1	200	75	150
2	200	75	100
3	150	75	100
4	150	100	100
5	100	50	50

En el primer año la dosis de 100-50-50, la que causó más alto rendimiento, en el segundo año de evaluación, la dosis 200-75-150 propició rendimientos de 78 T.ha⁻¹

Fuente: Vázquez, Pérez & García, (2004).

H. Programas de fertilización evaluados en la finca Tolimán

a. Evaluación de cuatro programas de nutrición primera generación cultivo

De esta investigación se identificó que el programa D2 con dosis de 454.97 kg de N, 59 kg de P, 497.76 kg K, 84.86 kg CaO, 44.37 kg MgO, 123.27 kg S, 3.37 kg B y 5.68 kg Zn, obtuvo los mejores rendimientos hasta 3,162 cajas exportables/ha/año en la primera etapa de aplicación, incrementando 663 cajas por año con respecto al programa actual. (Duque, 2019)

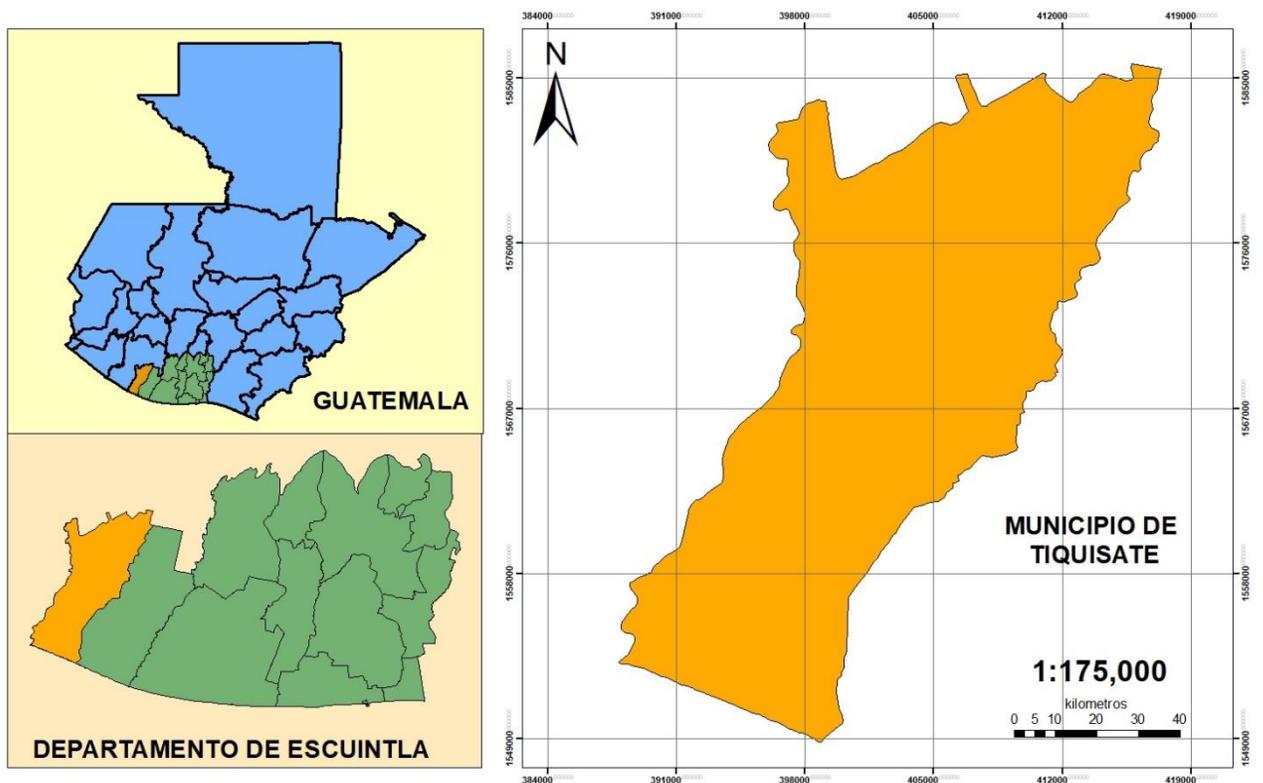
b. Evaluación de cuatro programas de nutrición segunda generación cultivo

De esta investigación se obtuvo que el programa D3 (dosis alta) con dosis; 568.59 kg de N, 73.95 kg de P, 662.20 kg K, 106.08 kg CaO, 55.46 kg MgO, 154.08 kg S, 3.99 kg B y 6.05 kg Zn, que provocó un aumento significativo de 235.31 cajas/ha/año respecto al testigo relativo.

2.2.2 Marco referencial

A. Características de ubicación

La finca Tolimán se encuentra ubicada en el municipio de Tiquisate a 170 km de la ciudad capital. Las coordenadas de su ubicación son $14^{\circ} 11' 67''$ de longitud norte y $91^{\circ} 48' 33''$ de latitud oeste. Al norte colinda con la finca Ixtepeque, al sur con la finca Zunil, al este con la finca Limón y al oeste con el río Nahulate. La finca se encuentra a una altura aproximada de 500 m s.n.m. En la figuras 12 y 13, se acontece un mapa de la finca de su ubicación y sus colindancias con sus sitios arqueológicos de la infraestructura de las algodonerías que existieron anteriormente. (CONRED 2015)



Fuente: elaboración propia, (2021).

Figura 12. Ubicación finca Tolimán, Tiquisate.

D. Condiciones climáticas

El municipio de Tiquisate posee un clima cálido, aunque por las noches las temperaturas tienden a descender, donde oscila entre los 17 °C y 31 °C en la cabecera municipal y entre 23 °C y 35 °C en regiones más cercanas al mar. La precipitación pluvial oscila según las áreas municipales de los 1,500 mm hasta 3,200 mm y la cabecera municipal en promedio 2,700 mm anuales. La humedad relativa es del 79 %, la velocidad media del viento es de 2.1 km/hr con orientación hacia el sur.(Álvaro, 2013)

E. Zona de vida

Según Holdridge esta zona se encuentra en una clasificación como bosque húmedo subtropical (cálido) (bh-S(c)), en la localidad se tiene una vegetación natural especialmente por: *Sterculia apétala*, *Platuymiscium dimophandrum*, *Chlorophora tinctoria*, *Cordia alliodora*, entre otras. (Ortega, 2013)

F. Geología y suelos

Según la correlación de las series de suelos de Simmons (1959), con la clasificación taxonómica a nivel de suborden, los suelos de esta localidad se encentra en la siguiente clasificación:

Orden Mollisol (Ts) son Suelos con un horizonte superficial grueso, oscuro, generalmente con alto contenido de materia orgánica y una alta saturación de bases (mayor del 50 %). Son suelos bastante fértiles, y por sus características físicas y químicas, generalmente son muy buenos suelos para la producción agrícola. Es común encontrarlos en relieves planos o casi planos, lo que favorece su mecanización. Sin embargo, se debe de planificar su aprovechamiento, para que este sea sostenible.

Suborden: Ustolls-Udolls: los Ustolls (Ms) son mollisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad. Udolls (Md) son Mollisoles que no están secos por más de 90 días en su interior. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. (Tobías & Lira, 2000)

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro programas de nutrición sobre el desarrollo y rendimiento en la tercera etapa de aplicación (bisnieto) del cultivo de banano (*Musa sapientum L.*) var. gran enano, en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el rendimiento en cajas/ha/año de los cuatro programas de fertilización en la tercera generación en el cultivo de banano (*Musa sapientum L.*)
2. Comparar costo-beneficio del programa de YARA vs. Programa de nutrición de la finca.

2.4 HIPÓTESIS

Se espera seguir obteniendo el máximo potencial de producción hasta la tercera generación (bisnieto) en el cultivo de banano (*Musa sapientum L.*) con el programa de nutrición Base, en un suelo Mollisol perteneciente en la finca Tolimán, Tiquisate.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Ejecución del ensayo

A continuación, se describe la secuencia que se optó para el desarrollo de la investigación de los cuatro programas de fertilización sobre la tercera generación del cultivo de banano.

A. Determinación de las necesidades de fertilización

Para la determinación de las necesidades de los nutrientes, los requerimientos nutricionales del banano se ajusta al rendimiento esperado por la finca; 3,500 cajas/ha/año con un peso de la caja de 18.75 kg, queriendo obtener 65.6 T/ha/año, bajo las condiciones del lugar.

B. Condición nutricional inicial del suelo

A continuación, se detalla el análisis químico del suelo realizado en marzo de 2018 antes de realizarse los ensayos en las tres generaciones del cultivo, donde se presenta el estado nutricional del suelo antes de someterse a la evaluación de las tres generaciones (ciclos), cuadro 17.

Cuadro 17. Análisis de suelo inicial de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.

C			mg/kg	Cmol(c)/kg			mg/kg	Cmol(c)/kg	mg/kg					%
No. Lab	Identificación	pH	P	K	Ca	Mg	S	A.I.	Co	Fe	Mn	Zn	B	M.O.
		5.5-6.5	30	0.18	5	0.82	10	0.3 - 1.5	1	40	10	2	1	3 - 6
			75	0.38	10	2.05	100		10	250	250	25	5	
		6.3	21.7	0.62	7.1	2.7	20.8	0.04	25.6	184.1	22.5	2.6	0.23	2.3

Fuente: ANALAB, (2018).

C. Características del material experimental

El área utilizada como material experimental contenía las características conocidas como área pobre, que es considerada aquella área donde la planta no alcanza los 60 cm de diámetro.

Las plantas de banano son de la variedad gran enano, las cuales están sembradas por costillas formando gavetas, cada costilla tenía 4 surcos los cuales en total poseía con una densidad de 88 plantas/costilla, para completar 1,760 plantas/ha ya que cada costilla consta de un área de 500 m².

El material experimental que se utilizó ya había sido sometido a la evaluación de una primera y segunda generación, esta investigación se realizó en la misma área afectando la tercera generación (bisnieto).

D. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos D1, D2 y D3, contenía la mismos elementos, la diferencia estaba en sus nivel de dosis. En donde el tratamiento D2 poseía los requerimientos medios, en donde se estimó la demanda nutricional del cultivo respecto a la extracción anual, y para ello se determinó un nivel menor y uno mayor para determinar la aportación nutricional que posee el suelo de la localidad. Siendo el D2, propuesto con mejores resultados en lo largo de la investigación, estos tratamientos se detallan en los cuadros 18, 19 y 20.

El tratamiento 4 (testigo relativo), se aplicó mediante las labores de fertilización de la finca, en dosis de 4 onzas (una de urea, una de sulfato de amonio, una DAP y una de MOP al 60 %). E incluso el sulfato de amonio acidifica más el suelo que la urea, y también provoca mayor lixiviación de calcio y magnesio. Desde el año 2015 este suelo fue utilizado específicamente para el cultivo de banano, anteriormente establecido por la caña de azúcar, actualmente este suelo posee un pH de 6.10 sin reflejar síntomas de acidez. El tratamiento local se detalla en el cuadro 21.

Cuadro 18. Tratamiento 1, fertilización nivel bajo, área pobre.

	kg/ha/año							
Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
YARAMila Hydran	224.81	47.33	224.81	-	35.50	22.48	1.18	1.18
YARAVera Amidas	97.92	-	-	-	-	13.71	-	-
Sulfato de Potasio	-	-	173.40	-	-	62.42	-	-
YARALiva Nitabor	40.84	-	-	67.89	-	-	0.80	-
YARAVita Bortrac	0.40	-	-	-	-	-	0.90	-
YARAVita Zintrac	0.11	-	-	-	-	-	-	4.20
Total kg/Ha/año	364.08	47.33	398.21	67.89	35.50	98.61	2.88	5.38

Fuente: YARA, (2018)

Cuadro 19. Tratamiento 2, fertilización nivel medio, área pobre.

	kg/ha/año							
Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
YARAMila Hydran	281.01	59.16	281.01	-	44.37	28.10	1.48	1.48
YARAVera Amidas	122.40	-	-	-	-	17.13	-	-
Sulfato de Potasio	-	-	216.75	-	-	78.03	-	-
YARALiva Nitabor	51.05	-	-	84.86	-	-	0.99	-
YARAVita Bortrac	0.40	-	-	-	-	-	0.90	-
YARAVita Zintrac	0.11	-	-	-	-	-	-	4.20
Total kg/ha/año	454.97	59.16	497.76	84.86	44.37	123.27	3.37	5.68

Fuente: YARA, (2018).

Cuadro 20. Tratamiento 3, fertilización nivel alto, área pobre.

	kg/ha/año							
Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
YARAMila Hydran	351.26	73.95	351.26	-	55.46	35.13	1.85	1.85
YARAVera Amidas	153.00	-	-	-	-	21.42	-	-
Sulfato de Potasio	-	-	270.94	-	-	97.54	-	-
YARALiva Nitrabor	63.81	-	-	106.08	-	-	1.24	-
YARAVita Bortrac	0.40	-	-	-	-	-	0.90	-
YARAVita Zintrac	0.11	-	-	-	-	-	-	4.20
Total kg/ha/año	568.59	73.95	622.20	106.08	55.46	154.08	3.99	6.05

Fuente: YARA, (2018).

Cuadro 21. Tratamiento 4, fertilización de la finca (test. rel.), área pobre.

	kg/ha/año							
Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
DAP	118.97	304.04	-	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	188.50	-	-	-	-	215.47	-	-
Estándar								
0-0-62	-	-	507.00	-	-	-	-	-
Nitrato de amonio	281.00	-	-	-	-	-	-	-
Total kg/ha/año	588.87	304.04	507	0	0	215.47	0	0

Fuente: YARA, (2018).

E. Repeticiones

- Tratamientos (T): 4
- Repeticiones (R): 3

F. Unidad experimental

$T * R = 4 * 3 = 12$ unidades experimentales.

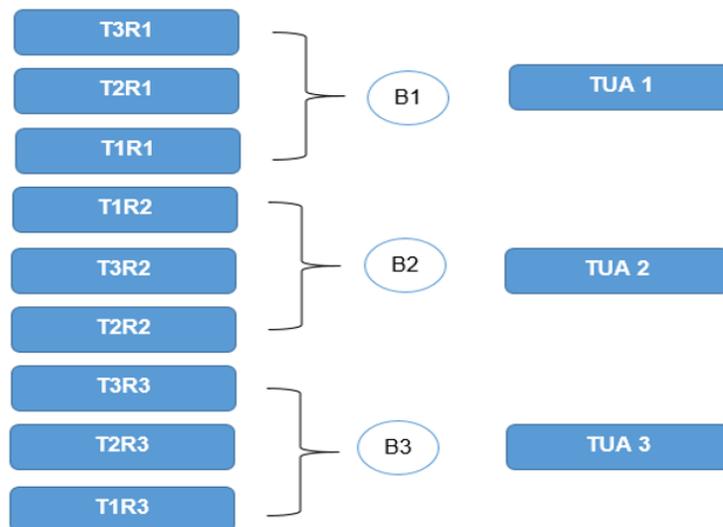
Cada unidad experimental contenía 80 plantas de banano empleando un área de 500 m², ya que con esto se pretendió reducir el error experimental.

G. Dimensiones de la unidad experimental

La unidad experimental contó con una dimensión de 10 m * 50 m resultando un total de 500 m².

H. Croquis de campo

El croquis elegido fue el mismo que se ejecutó en la primera y segunda evaluación de estos programas, para tener una correlación en la información obtenida en las tres generaciones. En la figura 14 se detalla la distribución de los bloques en el campo experimental.



Fuente: YARA, (2018).

Figura 14. Distribución de los bloques.

I. Manejo del experimento

Los tratamientos recibieron el manejo que la finca realizaba normalmente en la demás áreas, se ejecutaban labores periódicas de desmane, destalle, deshoje, deshije, aplicaciones de glifosato y otros herbicidas para el control de malezas, se aplicaron las láminas normales de riego (50 mm semanal) que se manejaban dentro de la finca, aplicaciones aéreas para el combate de las enfermedades especialmente Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*). Lo único que cambio fue el programa de fertilización en el área experimental.

Monitoreo de parición de la planta madre: se realizaron visitas frecuentes al área de la prueba para anotar la fecha de parición del racimo, y así llevar un mejor control de las variables.

Monitoreo de fertirriego: durante el tiempo que permaneció establecido el ensayo se realizó fertirriego cada 15 días, lo cual se necesitaba realizar un tapado de los aspersores del área de prueba para evitar alteraciones de los resultados, este manejo se hizo con ayuda de tapones de PVC y cinta plástica.

Fertilización manual y foliar: la fertilización manual se realizó al voleo, donde se hizo un tipo plateo en media luna alrededor de la planta, dependiendo si ya había parido se le aplicó al hijo (bisnieto) en sucesión, pero si aún no, se le aplicó a la planta madre (nieto). Se inició en febrero para llevar un manejo continuo y homogéneo. A continuación, en el cuadro 22 se muestra la demanda nutricional de los tratamientos evaluados en los 9 meses de funcionamiento.

Cuadro 22. Cantidad de fertilizante para el funcionamiento del ensayo.

Fertilizantes	Cantidad de fertilizante de febrero a octubre			
Granulados	Dosis baja(kg)	Dosis media (kg)	Dosis alta (kg)	total (kg)
YARAMila Hydran	142.86	178.59	260.36	581.81
YARAVela Amidas	29.55	36.91	53.86	120.32
Sulfato de potasio	41.86	52.31	76.32	170.5
YARALiva Nitrabor	32	40	58.32	130.32
Foliares	Litros (L)			
YARAVita Bortrac	2.50			
YARAVita Zintrac	2.50			

Fuente: elaboración propia, (2019).

J. Variables de respuesta

a. Rendimiento por hectárea

Después del perfilado de los racimos se determinó en cada unidad experimental el rendimiento en cajas de 18.75 kg, donde se tomó en cuenta la cantidad de fruta rechazada por unidad experimental para obtener el factor de relación (perfilado de los racimos). A continuación, se detalla la fórmula para el cálculo del rendimiento, tomando en cuenta los factores influyentes.

- Rendimiento = factor de conversión * densidad * retorno
- Factor de conversión: (peso total (kg) - peso de rechazo (kg)) / 18.75 kg
- Índice retorno = 365 días del año / tiempo para obtener un racimo

- Fecha de parición 2da. generación – fecha de parición 3ra. generación = tiempo de una generación
- Tiempo de una generación + tiempo del racimo = tiempo para obtener un racimo.

b. Peso de racimo

Haciendo uso de una pesa en kilogramos, se tomó el peso de los racimos que se cosechaban en cada repetición, esta medición se realizó al momento de la cosecha para evitar confusiones entre repeticiones.

c. Número de dedos en la mano basal y apical

Después del pesado de los racimos, se continuó con el conteo del número de dedos de la mano basal y apical. Empezando de la parte más gruesa del pizote siendo la mano basal y para la mano apical se contaron los dedos de la última mano del racimo.

d. Evaluación foliar

El muestreo foliar se realizó un mes después de la última aplicación de los fertilizantes (28 noviembre 2019). Se ejecutó en forma de zigzag tomando en cuenta cuatro plantas por unidad experimental, un total de 12 plantas por tratamiento. Se obtuvo una parte central de la lámina foliar en la tercera hoja de arriba hacia abajo, con una medida aproximada de 15 cm de ancho evitando incluir el peciolo de la hoja.

K. Análisis de la información

a. Análisis de varianza

A las variables respuesta; rendimiento, peso de racimo, número de dedos de la mano basal y apical del racimo, se les aplicó un análisis de varianza utilizando el software estadístico Infostat y en caso de obtenerse diferencias significativas, se aplicó un análisis de comparación de medias de Tukey.

b. Diseño experimental (bloques al azar)

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar por motivo de tomar en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. Este diseño facilitó, ya que el lugar donde se llevó a cabo la investigación se manifestó una gradiente de heterogeneidad del suelo. Cabe mencionar que la heterogeneidad es la principal fuente de variación en los experimentos de campo. (López & González, 2016)

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental

μ = Media general de los tratamientos

β_j = Efecto asociado al j -ésimo bloque

α_i = Efecto asociado al i -ésimo nivel de los tratamientos

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

2.5.2 Relación beneficio/costo

Para ello se utilizó la siguiente fórmula; donde se determinó el costo por hectárea que se invierte en la finca que servirá de comparador y el plan propuesto por los programas de Yara Guatemala, para calcular el costo beneficio.

Formula: relación beneficio/costo **(B/C)**

Información recalada para la elaboración del análisis económico de la investigación en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla. Para actividades agrícolas en el año 2020 el salario diario es de Q. 90.16 equivalente a Q. 11.27 por hora. Un trabajador de la finca es capaz de aplicar 10 quítales de fertilizante granular por día. Se omite la mano de obra de los foliares porque se aprovecha en aplicarlos en las aspersiones aéreas en el control de sigatoka (*Micosphaerella fijiensis*). Una caja de banano de 18.72 kg, para exportación se mantiene en un precio promedio de 4.95 USD, con cambio de dólar promedio de Q. 7.70.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Variables de respuestas

En la evaluación de esta tercera fase de aplicación de los programas de nutrición se plantearon las mismas variables utilizadas en la primera y segunda fase.

3 Rendimiento (T.ha⁻¹)

La determinación de esta variable se ejecutó durante tres meses (noviembre 2019 a enero 2020), debido a la irregularidad de cosecha. En el tiempo recurrido se realizaron perfiles de racimos (1 o 2 veces por semana), como se detalla en el cuadro 23.

Cuadro 23. Media de los índices y sus rendimientos respectivos.

Tratamiento	Promedio factor de conversión	Promedio índice retorno	R1	R2	R3	Promedio cajas/ha/año	Promedio (T.ha ⁻¹)
Dosis baja (D1)	1.12	1.42	2,674	3,224	2,499	2,799	52.50
Dosis media (D2)	1.09	1.43	2,794	2,995	2,441	2,743	51.40
Dosis alta (D3)	1.04	1.43	2,762	2,109	2,963	2,611	49.00
Testigo relativo	1.11	1.38	2,727	2,654	2,702	2,694	50.50

En el cuadro anterior se detalla el promedio en rendimiento de los tratamientos evaluados sobre el cultivo de banano en finca Tolimán, en donde dichos rendimientos oscilaron entre los 2,611 a 2,799 cajas/ha/año (49.0 a 52.5 T.ha⁻¹). El cual parece acercarse a las zonas

productoras de banano (clon gran enano) en Guatemala donde se tiene estimado para una producción de 70 T.ha⁻¹. (Infoambiental, 2009)

A continuación, en el cuadro 24 se detalla estadísticamente los rendimientos obtenidos mediante el ANDEVA.

Cuadro 24. Análisis de varianza de la variable rendimiento.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rendimiento	12	0.09	0.00	13.65	
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	79211.50	5	15842.30	0.12	0.9842
Tratamiento	56990.00	3	18996.67	0.14	0.9333
Repetición	22221.50	2	11110.75	0.08	0.9232
Error	822798.50	6	137133.08		
Total	902010.00	11			

El ANDEVA indica que para los tratamientos el p-valor 0.9333 es mayor al 5 % de significancia utilizada en los diseños estadísticos provenientes de campo, aceptando que todos los tratamientos presentan el mismo rendimiento estadísticamente. En el diseño se determinó un coeficiente de variación de 13.65 % siendo este menor al 20 % permitido. (López & González, 2016)

El resultado obtenido a la no diferencia significativa en los rendimientos se debió posiblemente a la fertilidad del suelo, donde el análisis de suelo realizado al inicio de la investigación estimó que el suelo poseía un alto contenido de elementos primarios y secundarios adecuado para el desarrollo del cultivo de banano, (cuadro 17). Indicando que las cantidades de fertilizantes que se aplicó llegaron a cubrir algún déficit existente y después pudo haber generado un acumulamiento, creando un exceso nutricional para el

cultivo. Ya que, según el MAGA la zona donde se encuentra la finca posee los suelos del orden mollisol (Ts) donde utilizando la taxonomía de clasificación de suelos de Simmons (1959) consideran que son suelos bastante fértiles y por sus características físicas, químicas y profundidad efectiva esta entre los mejores suelos para la producción agrícola.

Estos programas de nutrición fueron evaluados en tres generaciones del cultivo de banano (*Musa sapientum L.*), esta finalidad fue para conocer la proyección en los ciclos posteriores, estadísticamente en ninguna generación se obtuvo diferencia significativa en los rendimientos.

A continuación, se describe el resultado de otras variables determinadas para estimar el potencial de estos programas de nutrición, así mismo su respectivo coeficiente de variación ($CV < 20\%$) y el P-valor de tratamiento bajo el 5 % de significancia permitido, obtenido del análisis estadístico ANDEVA. (López & González, 2016)

4 Peso de racimo

La variable obtuvo un p-valor de 0.9940 mayor al 5 %, indicando que estadísticamente no existió diferencia significativa entre el peso de los racimos, realizado bajo un coeficiente de variación de 6.91 %. En el cuadro 25 se detalla las medias de los pesos obtenidos.

Cuadro 25. Variable peso de racimo (kg)

Tratamientos	R1	R2	R3	Media
Dosis baja (D1)	29.01	27.36	25.90	27.42
Dosis media (D2)	27.93	26.00	27.33	27.08
Dosis alta (D3)	25.13	29.88	27.38	27.46
Testigo relativo	28.83	25.82	27.10	27.25

5 Número de dedos mano basal

Estadísticamente no se presentó diferencia significativa en el número de dedos de la mano basal del racimo, debido a que el ANDEVA presentó un p-valor de 0.5179 mayor al permitido del 5 % y con un coeficiente de variación de 7.65 %. En el cuadro 26, se detalla la media obtenida entre los tratamiento.

Cuadro 26. Número de dedos en la mano basal.

Tratamientos	R1	R2	R3	Media
Dosis baja (D1)	24.40	20.67	21.50	22.19
Dosis media (D2)	21.88	20.86	21.33	21.36
Dosis alta (D3)	22.44	26.00	22.00	23.48
Testigo relativo	23.00	20.67	22.00	21.89

6 Número de dedos mano apical

Esta variable fue una referencia para determinar si algún tratamiento provocó un potencial en las manos apicales del racimo, el cual este alcanzó influir en el rendimiento. El ANDEVA calculo un p-valor de 0.6749 el cual estadísticamente no se encontró diferencia significativa en el número de dedos de la mano apical, aun así en el cuadro 27 se detalla la media obtenidas.

Cuadro 27. Número de dedos en la mano apical.

Tratamientos	R1	R2	R3	Media
Dosis baja (D1)	19.60	18.67	19.00	19.09
Dosis media (D2)	19.63	19.29	20.00	19.64
Dosis alta (D3)	19.11	20.00	19.11	19.41
Testigo relativo	20.00	18.67	20.00	19.56

7 Contenido nutricional en tejido foliar

Para corroborar la nutrición de las plantas (cuadro 28), fue necesario realizar un análisis de tejido foliar al final de la investigación que fueron interpretados con el rango crítico que postulo el laboratorio de Anacafé (ANALAB).

Cuadro 28. Análisis de tejido vegetal, tercera generación del cultivo.

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%						ppm				
Rango crítico	2.7- 3.6	0.18- 0.35	3.5- 5.4	0.5- 1.2	0.27- 0.6	0.2- 0.3	10- 80	6- 30	80- 360	200- 2000	20- 300
Dosis baja (D1)	2.76	0.18	2.93	0.52	0.24	0.27	52	12	115	171	37
Dosis media (D2)	2.98	0.17	2.80	0.53	0.26	0.28	51	11	154	221	34
Dosis alta (D3)	2.98	0.18	2.99	0.56	0.24	0.28	54	11	169	226	38
Testigo relativo	2.58	0.17	3.17	0.48	0.24	0.29	44	10	172	173	45

En el análisis de tejido vegetal se interpretó que no se determinó una diferencia marcada de los elementos entre los tratamiento, debido a que niveles presentes en la muestra estuvieron en el rango crítico establecido por el laboratorio. A excepción del magnesio que se mostró en déficit en todos los tratamientos y el nitrógeno se encontró menor en el testigo relativo.

2.6.2 Análisis económico

Los costos de producción por hectárea son muy variables dependiendo de la plantación y precio de insumos, para fines de cálculo se tomaron datos de finca, el precio de una caja de exportación de banano de 18.72 kg se mantiene en un precio promedio de 4.95 USD, según Chiquita Brands Internacional, como se detalla en el cuadro 29.

Cuadro 29. Análisis económico de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Cajas /ha/año	Beneficio /ha/año (Q.)	Mano de obra/ha /año (Q.)	Costo fertilizante /ha/año (Q.)	Costo parcial (Q.)	Relación B/C
Dosis baja (D1)	2,799.10	106,683.89	404.64	8,194.29	8,598.93	12.41
Dosis media (D2)	2,743.31	104,549.45	505.80	10,017.53	10,523.33	9.94
Dosis alta (D3)	2,611.37	99,518.27	632.25	12,296.57	12,928.82	7.70
Testigo relativo	2,702.48	102,681.81	638.69	9,750.00	10,388.69	9.88

El tratamiento que presenta la mayor relación de Beneficio/Costo y rentabilidad, es el tratamiento D1 que corresponde a la fertilización con dosis baja D1 (N-364.08; P₂O₅-47.33; K₂O-398.21; CaO-67.89; MgO-35.50; S-98.61; B-2.88 y Zn-5.38 kg/ha/año), donde por cada quetzal invertido se recupera y se obtiene un ingreso de 0.1241 centavos de quetzales. Para ello en la columna de la relación B/C se muestra claramente que el tratamiento D1 (baja) posee el menor costo parcial generando los mejores resultados. Seguidamente como segunda opción el tratamiento D2 y el testigo relativo poseen costos y resultados casi similares. Así que para aumentar la rentabilidad de las fincas productoras de banano se recomienda utilizar el programa de nutrición D1. En los cuadros 39A al 41A se detallan los costos de los fertilizantes/ha/año de los programas de nutrición.

2.7 CONCLUSIONES

- 1 Se determinó estadísticamente que no existe diferencia significativa entre los cuatro programas de fertilización evaluados en la tercera generación del cultivo de banano (*Musa sapientum L.*), para las condiciones edafo-climáticas donde se encuentra la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.
- 2 Económicamente por medio de la relación beneficio/costo se comprobó que el programa de fertilización dosis baja (D1) posee la relación más alta de 12.41, el cual estima que por cada quetzal invertido se obtendría un ingreso 12 centavos de quetzales.

2.8 RECOMENDACIONES

- 1 Bajo condiciones edafo-climaticas donde se realizó la investigación, se recomienda aplicar el programa de fertilización dosis baja (D1) con N-364.08; P₂O₅-47.33; K₂O-398.21; CaO-67.89; MgO-35.50; S-98.61; B-2.88 y Zn-5.38 kg/ha/año. Siendo el programa de menor costo y con un rendimiento de 2,799 cajas/ha/año equivalente a 52.5 T.ha⁻¹.
- 1 Evaluar otros programas de nutrición con niveles más bajos, debido a que, si el suelo contiene buena fertilidad se podría generar una respuesta sobre el rendimiento.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

- Álvaro, G. (2013). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión*. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ciencias económicas. 131 p.
[Http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0854_v6.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0854_v6.pdf)
- Arias, P., Dankers, C., Liu, P., & Pilkauskas, P. (2004). *La economía mundial del banano 1985-2002*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 95 p. [Http://www.fao.org/publications/card/es/c/d6e109da-42e7-522e-a9b9-6d650845d34e/](http://www.fao.org/publications/card/es/c/d6e109da-42e7-522e-a9b9-6d650845d34e/)
- Armijos, F. (2008) *Principales tecnologías generadas para el manejo del cultivo de banano, plátano y otras musáceas*. Instituto nacional autónomo de investigaciones agropecuarias. 62 p.
[Https://books.google.com.gt/books?id=LJozAQAAMAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=LJozAQAAMAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Arriola, J. (2019). *Efecto que produce la implementación de lixiviados orgánicos en el programa de fertilización química, para la aclimatación de meristemas de banano (Musa spp), Diagnóstico y servicios realizados en finca bananera, Los Amates, Izabal, Guatemala, C.A.* Tesis de Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 61 p.
[Http://www.repositorio.usac.edu.gt/12123/1/JAIME%20JORD%C3%81N%20ARRIOLA%20VIELMANfinal.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/12123/1/JAIME%20JORD%C3%81N%20ARRIOLA%20VIELMANfinal.pdf)
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., & Tablada, M. (2014). *Software estadístico*. (version 29.9.2020) [software]. Infostat.
<https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=15>

- Cárdenas, A. (2016) *Prácticas culturales de protección de la fruta y su incidencia en el proceso post cosecha de banano (Musa sapientum) para exportación a Estados Unidos, bajo las condiciones de fincas IMARA, del municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla*. Tesis de Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 61 p. <https://www.cytacunoc.gt/wp-content/uploads/2017/10/Cardenas-Rodriguez-Asbel-Fernando-2016.pdf>
- Gauggel, C., & Arévalo, G. (2010). *Fertilización en banano*. El Salvador. https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Gauggel_and_gauggel_fertilizacion_en_banano.pdf
- Coordinadora nacional para la reducción de desastres. (2015). *Amenaza por deslizamiento e inundaciones departamento de Escuintla, municipio*. https://conred.gob.gt/site/mapas/municipales_ameindes/ESCUINTLA/TIQUISATE/ESCUINTLA%20506.pdf
- Duque, A. (2019). *Evaluación del efecto de cuatro niveles de un programa de nutrición sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de banano (Musa sapientum L.), en un suelo molisol, perteneciente a la finca Tolimán, diagnóstico y servicios realizados en las fincas Bellamar 1 y Tolimán, Tiquisate, Escuintla, Guatemala, C.A*. Tesis de Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 193 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12193/1/Integrado%2C%20Alejandro%20Duque%202019.pdf>
- El universo. (2010). *Buena nutrición en banano es clave para el rendimiento*. El universo. Ecuador. 3 p. <https://www.eluniverso.com/2010/07/17/1/1416/buena-nutricion-banano-clave-rendimiento.html/>
- Espinosa, J., & Mite, F. (2013). *Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano*. International plant nutrition institute IPNI. 14 p. <http://www.bananotecnia.com/wp-content/uploads/2020/07/Nutricion-banano-IPNI.pdf>

- Fagiani, M., & Tapia, A., (2013). *Ficha del cultivo de banana*. Estación experimental de cultivos tropicales INTA. Argentina. 3 p. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cultivo_del_banano.pdf
- Ferreira, M. (2016). *Recomendaciones nutricionales para banana*. Haifa, pioneering the future. 72 p. https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Banana_Spanish.pdf
- Figuerola, M., & Lupi, A. (2017). *Características y fertilización del cultivo de banano*. BANANOTECNIA. 7 p. <http://www.bananotecnia.com/articulos/caracteristicas-y-fertilizacion-del-cultivo-de-banano/>
- Infoambiental. (2009). Cultivos de banano en Guatemala. 66 p. <http://infoambiental.org/>
- Jaramillo, S. (2018). *Manual de aplicabilidad de buenas prácticas de banano*. Agencia de regulación y control fito y zoonosanitario AGROCALIDAD. Ecuador. 94 p. <https://agroecuador.org/images/pdfs/buenas-practicas/agric/Manuales-de-aplicabilidad-de-BPA-para-Banano.pdf>
- Jiménez, H. (2014) *Aspectos ambientales y buenas prácticas de manufactura para una empresa de banano*. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 169 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2946_IN.pdf
- Laboratorio ANALAB. (2020). *Análisis químico y físico de suelo y tejido foliar*. Anacafé. Guatemala.
- López, E., & González, B. (2016) *Diseño y análisis de experimentos fundamentos y aplicaciones en agronomía*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 280 p. http://cete.fausac.gt/wpcontent/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf

- Ortega, J. (2013). *Clasificación de zona de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 28 p.
https://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACION%20DE_ZONAS_DE_VIDA_DE_GUATEMALA
- Rosales, F., Tripon, S., & Cerna, J. (1998) *Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable*. EARTH. Costa Rica. 264 p.
https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/708_ES.pdf
- Tobías, H., & Lira, I. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala.
<https://www.maga.gov.gt/download/clasificacion-suelo.pdf>
- Torres, S. (2012). *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira*. Perú. 7 P. <https://docplayer.es/36778738-Guia-practica-para-el-manejo-de-banano-organico-en-el-valle-del-chira.html>
- López, A. (1994). *El azufre en la nutrición del cultivo de banano en Costa Rica*. COBARNA. 18. 5 p. [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8F19F825B478AA888525801300565668/\\$FILE/Art%204.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8F19F825B478AA888525801300565668/$FILE/Art%204.pdf)
- Vázquez, V., Pérez, J., & García, O. (2004). *El riego y fertilización sobre el vigor y rendimiento del plátano (Musa sp.)*. Centro experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP-Nayart. 5 p.
https://www.researchgate.net/publication/315504065_EL_RIEGO_Y_FERTILIZACION SOBRE EL VIGOR Y RENDIMIENTO DEL PLATANO Musa spp 'F HIA-01'
https://www.researchgate.net/publication/315504065_EL_RIEGO_Y_FERTILIZACION SOBRE EL VIGOR Y RENDIMIENTO DEL PLATANO Musa spp 'F HIA-01'



1.10 ANEXOS

1.10.1 Características del perfilado de los racimos

En los cuadros 30A al 34A, se detallan la información obtenida en el perfilado de los racimos donde se podemos encontrar factores que influyen en los rendimientos y los tipos daños influyentes en la merma de cosecha.

Cuadro 30A. Promedio de las características económico-comercial de los programas de nutrición.

Descripción de los tratamientos	Perfilado de racimos (pesos en kg)			
	Dosis baja (D1)	Dosis media (D2)	Dosis alta (D3)	Testigo relativo
Peso racimo con pizote	60.88	60.13	60.96	60.50
Número de manos/racimo	6.78	6.67	6.58	6.64
Peso fruta 1era.	20.74	20.23	19.24	20.55
Peso rechazo	2.46	4.23	4.17	3.61
Peso general racimo	23.23	24.48	23.44	24.19
Factor de conversión	1.12	1.09	1.04	1.11
% aprovechamiento	89.02	82.65	82.19	84.78
% rechazo	10.98	17.35	17.81	15.22
Potencial racimo	1.25	1.32	1.26	1.3
% merma cosecha	2.70	6.23	5.57	4.07
Dedos general por racimo	117	110	107	108
Dedos por caja exportable	105	102	105	99

Fuente: elaboración propia, (2020).

Cuadro 31A. Promedio de rechazo de fruta por daños en la cosecha.

Descripción		Promedio por tratamiento (pesos en kg)			
No.	Tipo de daño mecánico	Dosis baja (D1)	Dosis media (D2)	Dosis alta (D3)	Testigo relativo
1	Golpe	0.49	0.41	0.70	0.51
2	Fricción	0.00	0.52	1.16	0.48
3	Punta de dedo	0.48	1.83	0.99	0.96
4	Daño de cuello	0.00	0.04	0.18	0.03
5	Roce de pita	0.00	0.49	0.00	0.26
6	Daño de cuchilla	0.36	0.15	0.00	0.00
7	Daño de uña	0.00	0.00	0.00	0.00
	Total kg por racimo	1.34	3.43	3.03	2.24

Fuente: elaboración propia, (2020).

Cuadro 32A. Promedio de rechazo de fruta por daños en el campo de cultivo.

Descripción		Promedio por tratamiento (pesos en kg)			
No.	Tipo de daño	Dosis baja (D1)	Dosis media (D2)	Dosis alta (D3)	Testigo relativo
1	Cicatriz de cultivo	0.27	0.16	0.76	0.22
2	Cicatriz de crecimiento	0.13	0.44	0.58	0.46
3	Mal formado	0.18	0.38	1.18	1.58
4	Dedos cuaches	0.00	0.07	0.10	0.00
5	Dedos podridos	0.00	0.00	0.00	0.36
6	Mancha de madurez	0.00	0.10	0.00	0.16
7	Látex	0.84	0.12	0.88	0.68
8	Quema de sol	0.06	0.29	0.00	0.56
9	Dedo corto	0.00	1.35	0.28	0.42
10	Dedo rajado	0.38	0.15	0.21	0.10
11	Bajo grado	1.96	1.03	1.44	0.02
12	Dedos buenos por saneo	0.18	1.26	0.70	0.57
13	Cicatriz guarera	0.00	0.17	0.00	0.26
14	Daño de hormiga	0.00	0.25	0.00	0.00
15	Cicatriz chimera	0.08	0.11	0.03	0.29
16	Moquillo	0.00	0.00	0.00	0.02
	Total kg por racimo	4.08	5.88	6.16	5.71

Fuente: elaboración propia, (2020).

Cuadro 33A. Clasificación de la fruta rechazada según su procedencia.

Tratamiento	Tipos de daños (%)						
	Mecánico (merma cosecha)	Ambientales	Insectos /roedores	Manejo en el campo	Fito patógenos	Selección en la fruta	Posibles por nutrición
D1 (baja)	2.612	3.828	0.152	1.754	0	0.358	0.846
D2 (media)	6.370	1.917	0.974	0.881	0	2.342	2.156
D3 (alta)	5.878	2.793	0.065	1.905	0	1.356	2.627
Testigo relativo	4.204	0.031	1.033	2.33	0	1.072	2.808

Fuente: elaboración propia, (2020).

Cuadro 34A. Análisis de daños de importancia en la investigación.

Descripción	D1 (bajo)	D2 (media)	D3 (alta)	Testigo
Mal formado	0.0811	0.1712	0.5315	0.7117
Mancha de madurez	0	0.045	0	0.0721
Bajo grado	0.8821	0.4655	0.6494	0.0075
Dedo corto	0	0.6081	0.1261	0.1892
Suma total kg por racimo	0.9632	1.2898	1.3070	0.9805
% sobre el peso de racimo	4.1804	5.3122	5.6222	4.0875

Fuente: elaboración propia, (2020).

1.10.2 Análisis estadísticos (ANDEVA)

En los cuadros 35A a 37A, se detalla el análisis estadístico de las variables peso de racimo, número de dedos de la mano basal y apical del racimo, realizado por el programa estadístico Infostat.

Cuadro 35A. Análisis de varianza de la variable peso de racimo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso racimo	12	0.07	0.00	6.91	
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	1.55	5	0.31	0.09	0.9915
Tratamiento	0.27	3	0.09	0.03	0.9940
Repetición	1.28	2	0.64	0.18	0.8395
Error	21.37	6	3.56		
Total	22.92	11			

Fuente: Infostat, (2020).

Cuadro 36A. Análisis de varianza de número de dedos en la mano basal.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Mano basal	12	0.38	0.00	7.65	
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	10.51	5	2.10	0.73	0.6286
Tratamiento	7.33	3	2.44	0.84	0.5179
Repetición	3.18	2	1.59	0.55	0.6037
Error	17.37	6	2.89		
Total	27.87	11			

Fuente: Infostat, (2020).

Cuadro 37A. Análisis de varianza de número de dedos en la mano apical.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Mano apical	12	0.33	0.00	2.95	
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0.96	5	0.19	0.58	0.7148
Tratamiento	0.53	3	0.18	0.54	0.6749
Repetición	0.43	2	0.22	0.65	0.5532
Error	1.97	6	0.33		
Total	2.93	11			

Fuente: Infostat, (2020).

1.10.3 Análisis de laboratorios, foliares y suelos

En el cuadro 38A y figura 15A, se detalla los análisis químicos tanto del suelo y de tejido vegetal al momento de finalizar la investigación.

Cuadro 38A. Análisis químico de suelo al final de la investigación.

Elemento/ característica	pH	mg/L		Cmol(+)/L			mg/L		Cmol(+) /L	mg/L			%
		B	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Acidez interca	Fe	Mn	Zn	M.O
Niveles adecuados	5.5- 6.5	1-5	34-40	0.18 - 0.38	5-10	0.82 - 2.05	10- 100	1-10	0.3-1.5	40- 250	10- 250	2-25	3-6
YARA D1	5.24	0.24	63.48	0.86	11.83	2.86	48.21	6.72	0.34	267.04	48.28	6.46	2.28
YARA D2	5.60	0.44	80.30	1.65	10.81	3.19	74.10	10.09	0.05	180.24	17.35	11.1	2.92
YARA D3	5.74	0.34	87.60	1.39	8.48	2.31	39.98	10.41	0.04	168.17	21.07	7.99	2.61
Testigo rel.	6.10	0.85	10.48	0.81	5.65	1.78	32.67	2.04	0.06	115.01	30.50	1.14	1.65

Fuente: ANALAB, (2020).

Orden: 27 - 936

Análisis: F-2

Cliente : YARA GUATEMALA, S.A.,

Localización: TIKUISATE ESCUINTLA

Cultivo: BANANO

Unidad productiva: TOLIMAN

Fecha de Ingreso: 09/01/2020 Fecha de Ejecución: 15/01/2020 09:21:40

Escanear para validar
autenticidad
Anal
ANÁLISIS DE SUELOS, PLAS

Informe de Análisis

Fecha de Impresión: 16/01/2020 11:10:07

● =Bajo
● =Adecuado
● =Alto

Macronutrientes (Elementos Mayores)

Micronutrientes (Elementos Menores)

Muestra:	Identificación de la Muestra	%						ppm				
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc
		2.7-3.6	0.18-0.35	3.5-5.4	0.5-1.2	0.27-0.6	0.2-0.3	10-80	6-30	80-360	200-2000	20-300
2785	LOTE TRATAMIENTO #1 YARA	2.76	0.18	2.93	0.52	0.24	0.27	51.75	12.33	114.90	171.30	37.22
2786	LOTE TRATAMIENTO #2 YARA	2.98	0.17	2.80	0.53	0.26	0.28	51.46	11.00	153.90	220.80	34.29
2787	LOTE TRATAMIENTO #3 YARA	2.98	0.18	2.99	0.56	0.24	0.28	54.52	11.39	169.10	225.80	38.05
2788	LOTE TESTIGO RELATIVO	2.58	0.17	3.17	0.48	0.24	0.29	44.04	10.51	172.40	173.20	44.96

Fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn) y boro (B): digestión ácida con microondas y lectura por medio de Espectrometría de emisión - ICPI/OES

Nitrógeno (N): digestión y determinación por método Dumas.

Fuente: ANALAB, (2019).

Figura 15A. Análisis foliar de la tercera generación, en el lote cuatro de la finca Tolimán.

1.10.4 Cálculos económicos

A continuación, en los cuadros 39A al 41A se determinó los cálculos financieros de los programas de nutrición por parte del YARA Guatemala.

Cuadro 39A. Costos de fertilizantes/ha/año del tratamiento dosis baja (D1)).

Dosis baja (D1)				
Fertilizantes	Sacos (45.36 kg) y L/ha/año	Precio/saco	Costo/ha/año (Q.)	Costo/ha/año (\$)
YaraMila Hydran (kg)	26.03	190.63	4,441.44	592.19
YaraVera Amidas (kg)	5.39	160.5	864.39	115.25
Sulfato de Potasio (kg)	7.63	152.62	1,164.47	155.26
YaraLiva Nitabor (kg)	5.83	141	822.65	109.69
YaraVita Bortrac (L)	6	84	504.00	67.20
YaraVita Zinrac (L)	6	66.23	397.35	52.98
Total			8,194.30	1,092.57

Fuente: YARA, (2018).

Cuadro 40A. Costos de fertilizantes/ha/año del tratamiento dosis media (D2).

Dosis media (D2)				
Fertilizantes	Sacos (45.36 kg) y L/ha/año	Precio/saco	Costo/ha/año (Q.)	Costo/ha/año (\$)
YaraMila Hydran (kg)	32.54	190.63	5,551.80	740.24
YaraVera Amidas (kg)	6.74	160.5	1,080.49	144.06
Sulfato de Potasio (kg)	9.54	152.62	1,455.59	194.08
YaraLiva Nitabor (kg)	7.29	141	1,028.31	137.11
YaraVita Bortrac (L)	6	84	504.00	67.20
YaraVita Zintrac (L)	6	66.23	397.35	52.98
Total			10,017.54	1,335.67

Fuente: YARA, (2018).

Cuadro 41A. Costos de fertilizantes/ha/año del tratamiento dosis alta (D3).

Dosis alta (D3)				
Fertilizantes	Sacos (45.36 Kg) y L/ha/año	Precio/saco	Costo/ha/año (Q.)	Costo/ha/año (\$)
YaraMila Hydran (Kg)	40.67	190.63	6,939.75	925.30
YaraVera Amidas (Kg)	8.42	160.5	1,350.61	180.08
Sulfato de Potasio (Kg)	11.92	152.62	1,819.48	242.60
YaraLiva Nitabor (Kg)	9.11	141	1,285.39	171.39
YaraVita Bortrac (l)	6	84	504.00	67.20
YaraVita Zintrac (l)	6	66.23	397.35	52.98
Total			12,296.58	1,639.55

Fuente: YARA, (2018).

1.10.5 Comportamiento de las variables en sus tres fases de aplicación

En cuadro 42A se acontece un resumen de los rendimientos obtenidos en las tres fases de aplicaciones de los programas de nutrición a los largo de 2 años que permaneció el ensayo en las instalaciones de la finca Tolimán.

Cuadro 42A. Rendimiento de los tratamientos en las tres generaciones.

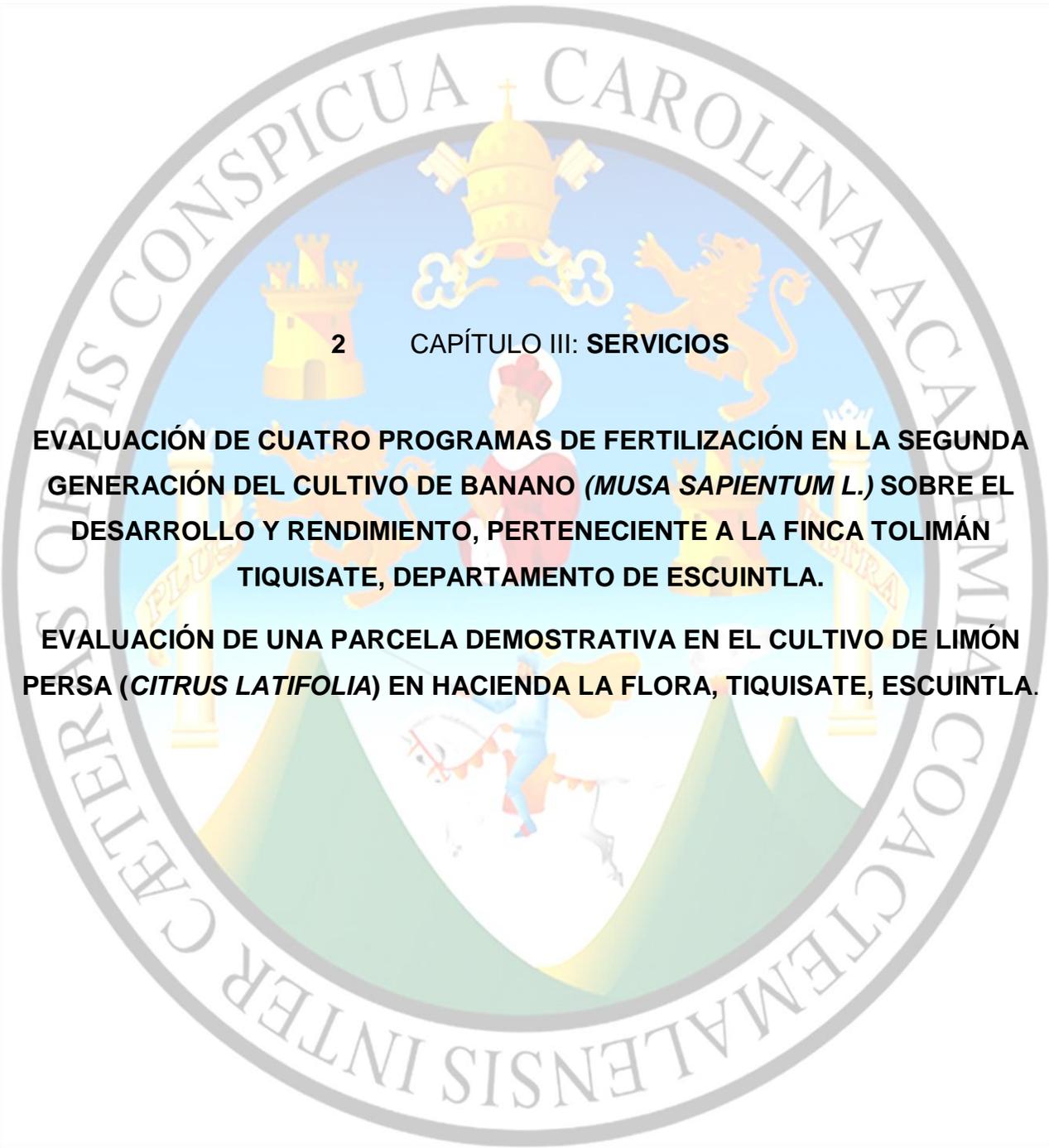
Tratamiento	Cajas/ha/año			Promedio.
	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo	
Dosis baja (D1)	2,575	2874	2,799	2,749
Dosis media (D2)	3,162	3020	2,743	2,975
Dosis alta (D3)	2,805	2944	2,611	2,787
Testigo relativo	2,499	2695	2,694	2,629

Fuente: elaboración propia, (2020).

Cuadro 43A. Peso de racimo de las tres generaciones.

Tratamiento	Peso racimo kg			Promedio
	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo	
Dosis baja (D1)	32.04	33.90	27.42	30.60
Dosis media (D2)	33.42	31.86	27.08	30.79
Dosis alta (D3)	30.48	33.28	27.46	30.93
Testigo relativo	29.84	27.74	27.25	28.28

Fuente: elaboración propia, (2020).



2 **CAPÍTULO III: SERVICIOS**

EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN LA SEGUNDA GENERACIÓN DEL CULTIVO DE BANANO (*MUSA SAPIENTUM L.*) SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO, PERTENECIENTE A LA FINCA TOLIMÁN TIQUISATE, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.

EVALUACIÓN DE UNA PARCELA DEMOSTRATIVA EN EL CULTIVO DE LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA*) EN HACIENDA LA FLORA, TIQUISATE, ESCUINTLA.

3.1 PRESENTACIÓN

Los servicios prestados por parte de la empresa Yara Guatemala, estaban definidos a generar parcelas demostrativas con la aplicación de sus programas de nutrición en diversos cultivos, en esta ocasión se procedió a darle seguimiento a la evaluación de un programa de fertilización en la segunda generación de cultivo de banano (segunda fase de aplicación) y la continuación de la respuesta de una parcela demostrativa de cultivo de Limón persa, siempre evaluando las diferencias de programas YARA vs. testigo relativo.

El primer servicio se basa en la evaluación de cuatro programas de fertilización en la segunda generación del cultivo de banano sobre el desarrollo y rendimiento, perteneciente a la finca "Tolimán" Tiquisate, departamento de escuintla. Donde se evaluó que el tratamiento YARA D3 (dosis alta) puede llegar a tener el mejor rendimiento hasta de 2,937.79 cajas/ha/año, pero económicamente el tratamiento YARA D1 (dosis baja) puede llegar a obtener la mejor relación beneficio/costo con 12.7.

El Segundo servicio consistió en el seguimiento de una parcela demostrativa en el cultivo de Limón persa (*Citrus latifolia*) en hacienda la Flora, Tiquisate, Escuintla. Donde prácticamente se evaluó la respuesta de un programa de nutrición por parte de la empresa vs. el programa testigo relativo. Después de dos años de desarrollo de los programas solo se logró evaluar hasta la floración de la planta donde se concluyó que ambas parcelas iniciaron una floración homogénea a la misma edad a diferencia que en cantidad y calidad mermo en el testigo relativo.

De esta manera, se acontecieron los dos servicios realizados y en este documento se detallan los objetivos, metodología y resultados de cada uno de ellos.

SERVICIOS PRESTADOS

3.2 Evaluación de cuatro programas de fertilización en la segunda generación del cultivo de banano (*Musa sapientum* L.) sobre el desarrollo y rendimiento, perteneciente a la finca “Tolimán” Tiquisate, departamento de escuintla.

3.2.1 Objetivos

1. Evaluar la reacción de los cuatro programas de nutrición sobre el desarrollo de las plantas hasta el momento de floración.
2. Conocer el rendimiento por cajas/ha/año de la generación sometida a la evaluación.
3. Comparar costo-beneficio del programa de Yara vs. Programa de nutrición de la finca.

3.2.2 Metodología

A. Características del material experimental

Este ensayo fué una secuencia de la evaluación de cuatro programa de nutrición (tres implementado por la empresa YARA y 1 implementado por la finca Tolimán), se utilizarón los mismos fertilizantes YaraMila Hydran, YaraVera Amidas, Sulfato de Potasio y YaraLiva Nitrabor. Los fertilizantes serán proporcionados por la empresa YARA Guatemala, mientras que los fertilizantes que se utilizarón en el cuarto programa (testigo relativo) fueron proporcionados por la finca Tolimán.

El material experimental se encontró en las siguientes condiciones:

- Tratamientos (T): 4, y Repeticiones: 3
- Unidad experimental: $T * R = 4 * 3 = 12$ unidades experimentales. Cada unidad experimental contó con 80 plantas de banano, ya que con esto se pretendió reducir el error experimental.
- La unidad experimental fue de $10 \text{ m} * 50 \text{ m}$ con un total de 500 m^2 .

B. Tratamientos

En los cuadros 44 al 46 se detalla los 3 programas de nutrición proporcionados por el YARA Guatemala y el cuadro 47 es el programa testigo relativo de la finca.

Cuadro 44: Tratamiento 1, fertilización nivel bajo, área pobre

Fertilizante	Kg/ha/año							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
YARAMila Hydran	224.81	47.33	224.81	-	35.50	22.48	1.18	1.18
YARAVera Amidas	97.92	-	-	-	-	13.71	-	-
Sulfato de Potasio	-	-	173.40	-	-	62.42	-	-
YARALiva Nitabor	40.84	-	-	67.89	-	-	0.80	-
YARAVita Bortrac	0.40	-	-	-	-	-	0.90	-
YARAVita Zintrac	0.11	-	-	-	-	-	-	4.20
Total kg/Ha/año	364.08	47.33	398.21	67.89	35.50	98.61	2.88	5.38

Fuente: YARA, (2018)

Cuadro 95: Tratamiento 2, fertilización nivel medio, área pobre

	Kg/ha/año							
Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
YARAMila Hydran	281.01	59.16	281.01	-	44.37	28.10	1.48	1.48
YARAVera Amidas	122.40	-	-	-	-	17.13	-	-
Sulfato de Potasio	-	-	216.75	-	-	78.03	-	-
YARALiva Nitrabor	51.05	-	-	84.86	-	-	0.99	-
YARAVita Bortrac	0.40	-	-	-	-	-	0.90	-
YARAVita Zintrac	0.11	-	-	-	-	-	-	4.20
Total kg/ha/año	454.97	59.16	497.76	84.86	44.37	123.27	3.37	5.68

Fuente: YARA, (2018).

Cuadro 106: Tratamiento 3, fertilización nivel alto, área pobre

	Kg/ha/año							
Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
YARAMila Hydran	351.26	73.95	351.26	-	55.46	35.13	1.85	1.85
YARAVera Amidas	153.00	-	-	-	-	21.42	-	-
Sulfato de Potasio	-	-	270.94	-	-	97.54	-	-
YARALiva Nitrabor	63.81	-	-	106.08	-	-	1.24	-
YARAVita Bortrac	0.40	-	-	-	-	-	0.90	-
YARAVita Zintrac	0.11	-	-	-	-	-	-	4.20
Total kg/ha/año	568.59	73.95	622.20	106.08	55.46	154.08	3.99	6.05

Fuente: YARA, (2018).

Cuadro 47: Tratamiento 4, fertilización de la finca (TR), área pobre

Fertilizante	Kg/ha/año							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
DAP	118.97	304.04	-	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	188.50	-	-	-	-	215.47	-	-
Estándar								
0-0-62	-	-	507.00	-	-	-	-	-
Nitrato de amonio	281.00	-	-	-	-	-	-	-
Total kg/ha/año	588.87	304.04	507	0	0	215.47	0	0

Fuente: YARA, (2018).

C. Variables de Respuesta

a. Rendimiento (cajas/ha/año)

Después del perfilado de los racimos se determinó en cada unidad experimental el rendimiento en cajas de 18.75 kg, donde se tomó en cuenta la cantidad de fruta rechazada por unidad experimental para obtener el factor de relación (perfilado de los racimos).

b. Peso de racimo con pizote

El peso del racimo se realizó al momento de ser cosechado en el campo de cultivo, luego que se cortó el racimo se procedió a colgarlo en los rodos de transporte tipo cableado, fué en este preciso momento donde se determinó el peso de los racimos según su tratamiento y repetición. Esta práctica requirió una pesa tipo romana, un tubo de hierro de 2 m aporximados para sostener el racimo.

c. Altura de la planta al momento de la floración

Se continuó con las 36 plantas madres (nieto) que se mantienen identificadas hasta el momento de parición, la medición se realizó desde el suelo a la “V” formada por las hojas, con la ayuda de una cinta métrica, los datos están expresados en centímetros.

d. Circunferencia en el momento de la floración.

Haciendo uso de la cinta métrica se midió la circunferencia del tallo a 0.4 m de altura del suelo, dicha práctica se realizó en el momento de la floración de las plantas de la segunda generación (nieto).

D. Análisis de la información

a. Análisis de varianza

A las variables respuesta; rendimiento, peso de racimo, número de dedos de la mano basal y apical del racimo, se les aplicó un análisis de varianza utilizando el software estadístico infostat y en caso de obtenerse diferencias significativas, se aplicó un análisis de comparación de medias de Tukey. (López y González 2016)

b. Relación costo-beneficio

Para ello se utilizó la siguiente formula; donde se determinó el costo por hectárea que se invierte en la finca que servirá de comparador y el plan propuesto por los programas de Yara Guatemala. Formula: relación beneficio/costo (B/C).

3.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Rendimiento cajas*ha⁻¹

La información del siguiente cuadro se obtuvo durante el proceso de la investigación, donde podemos apreciar el factor de conversión que indica la cantidad de racimos por caja exportable, con una densidad de 1760 plantas por hectáreas y el factor se refiere a la cantidad de racimos cosechados al año.

- Perfiles de racimos
- (factor*densidad*retorno)

Cuadro 48. Rendimiento promedio de los tratamientos

Tratamiento	Factor de conversión	Plantas/ha	Factor retorno	Rendimiento cajas/ha/año
YARA D1	1.15	1760	1.42	2874
YARA D2	1.20	1760	1.43	3020
YARA D3	1.17	1760	1.43	2944
Testigo	1.11	1760	1.38	2695

Fuente: Mejía, (2020).

En el cuadro anterior se detalla el promedio en rendimiento de los tratamientos evaluados sobre el cultivo de banano (*Musa sapientum*) en finca Tolimán, en donde dichos rendimientos oscilaron entre los 2,611 a 2,799 cajas/ha/año equivalente a 49.0 a 52.5 T.ha⁻¹. Lo cual parecen acercarse a llas zonas productoras de banano (clon gran eneano) en guatemala donde se tiene estimado para una producción de 70 T.ha⁻¹. (Infoambiental 2009)

B. Peso racimo (kg)

A continuación en el cuadro 49, se detalla los pesos promedios de racimos con pizote (peso bruto del racimo).

Cuadro 49. Variable peso de racimo (kg)

Tratamientos	R1	R2	R3	Media
YARA D1	34.16	33.56	33.28	33.67
YARA D2	30.59	32.79	31.53	31.64
YARA D3	32.48	33.83	32.84	33.05
Testigo	28.21	25.34	29.10	27.55

Fuente: Elaboración propia 2019.

El tratamiento YARA D1 obtuvo las medias más altas con 33.67 kg, seguido del tratamiento YARA D3 con 33.05 kg. debido a la similitud cercana de los pesos conlleva a un análisis estadístico para determinar el de mejor interés, para ello fue necesario el análisis de variancia (cuadro 50).

Cuadro 50. Análisis de la varianza, peso racimo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso racimo	12	0.86	0.74	4.36	
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	68.42	5	13.68	7.28	0.0157
Tratamiento	0.27	3	0.13	0.07	0.9315
Repetición	68.15	2	22.72	12.09	0.0059
Error	11.27	6	1.88		
Total	79.69	11			

Fuente: Insfotat, (2019).

Estadísticamente la variable peso de racimo mostró diferencia significativa, con un p-valor de 0.0059 entre las repeticiones siendo este menor al 5 % de desconfiabilidad, con un R² de 0.86 siendo este mayor a 0.75 que indica que existió una excelente correlación y un coeficiente de variación de 4.36 % menor al 20 % estimado. (López y González, 2016)

Por lo que se realizó pruebas de medias de Tukey para determinar cual de los tratamientos es superior y ser recomendado, cuadro 51.

Cuadro 51. Prueba de Tukey Error 1.8786

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
YARA D1	33.67	3	0.79	A
YARA D3	33.05	3	0.79	A
YARA D2	31.64	3	0.79	A
Test Relativo	27.55	3	0.79	B

Fuente: Insfotat, (2019).

En el análisis de medias de Tukey se determinó que los tratamientos YARA D1, YARA D2 y YARA D3 están en el grupo “A” con las mejores medias en peso, lo que significa que cualquiera de estos tres tratamientos provocaría una diferencia significativa en el peso de los racimos, dicho análisis nos lleva a que el tratamiento YARA D1 es el de mejores resultados ya que es el de menor costo debido a que posee las más bajas dosis de fertilizantes y con buenos pesos de racimos.

C. Cantidad de dedos en la mano apical del racimo

Esta es una variable que demuestra el potencial de los racimos para generar cantidad de dedos en las últimas manos del racimo, cuadro 52.

Cuadro 52. Media de número de dedos en la mano apical

Tratamientos	R1	R2	R3	Media
YARA D1	19.22	18.67	19.67	19.19
YARA D2	18.57	18.56	18.5	18.54
YARA D3	19.17	18	19.5	18.89
Testigo	17.67	17	17	17.22

Fuente: Mejía, (2020).

En el ANDEVA presentado en el cuadro 53, se detalla que existe diferencia estadística significativa con respecto a la variable número de dedos en la mano apical del racimo, debido a lo anterior se realizó la prueba múltiple de medias correspondiente, que se detalla en el cuadro 54.

Cuadro 53. Análisis de la varianza de la variable número dedos mano apical

Variable	N	R²	R² Aj	CV	
Peso racimo	12	0.88	0.78	2.29	
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	7.72	5	1.54	8.66	0.0102
Tratamiento	6.75	3	2.25	12.61	0.0053
Repetición	0.98	2	0.49	2.74	0.1430
Error	1.07	6	0.18		
Total	8.79	11			

Fuente: insfotat, (2019).

Cuadro 54. Prueba de Tukey, Error 0.1784

Tratamiento	Media	n	E.E.	
YARA D1	19.19	3	0.24	A
YARA D2	18.89	3	0.24	A
YARA D3	18.54	3	0.24	A
Test relativo	17.22	3	0.24	B

Fuente: Insfotat, (2019).

Esto conlleva a que los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos YARA D1, YARA D2 y YARA D3 que pertenece al mismo grupo "A" de medias de tukey, que indica que cualquiera de estos tres tratamientos provoca un diferencia significativa en número de dedos en la mano apical del racimo con respecto al testigo relativo.

D. Variables evaluadas

En la investigación se encontraron tres variables que no mostraron diferencia significativa, en cuadro 55 se detalla un resumen de los ANDEVA realizados donde se observa que se cuenta con un coeficiente de variación (CV) menor al 20 %, y que el P-valor es mayor al 5 % de desconfiabilidad permitido. De tal manera que ninguna de estas variables provocó diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 55. Resumen de análisis de varianza de las variables sin diferencia significativa

Variable	CV	P-valor de tratamiento
Altura de la planta al momento de la floración	2.87	0.5822
Circunferencia de la planta al momento de la floración	3.18	0.9259
Número de dedos mano basal	7.72	0.1521

Fuente: Infostat, (2019).

Con respecto a las variables de desarrollo por medio de análisis estadístico realizado en infostat no mostró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, el p-valor de las tres variables están por arriba del 5 % de desconfiabilidad permitido y el coeficiente de variación está debajo del 20 % del modelo.

E. Promedios de rechazo

Actualmente el rechazo es un tema de importancia en cualquier cultivo, para ello se hizo énfasis al aprovechamiento que generó el racimo en la planta empacadora. Por medio de perfilado de racimo se encontró un fuerte porcentaje de fruta rechazada por merma de cosecha, la finca maneja un límite de 2.25 kg comparado con los tratamientos evaluados el YARA D1 de 20.58 % equivale a 6.17 kg, el YARA D2 de 10.02 % equivale a 2.71 kg, el

YARA D3 de 18.24 % equivale a 5.51 kg y el testigo relativo de 7 % equivale a 1.69 kg, cuadro 56.

Cuadro 56. Promedios de rechazo

Tratamiento	Aprovechamiento del racimo %	Daños mecánicos %	% daños por ambiente y manejo en campo	Total % rechazo
YARA D1	73.31	20.58	6.11	26.69
YARA D2	81.88	10.02	8.1	18.12
YARA D3	74.66	18.24	7.1	25.34
Testigo relativo	85.44	7.00	7.56	14.56

Fuente: Mejía, (2020).

Los daños mecánicos fué todo aquel fruto que sufrió cualquier lesion en el transporte del campo hacia la planta empacadora, donde son daños que pueden llegar a tener solición con mejor supervisión con el personal de cosecha. De tal manera que este alto porcentaje de desperdicio esta directamente relacionado con el rendimiento, por ello no se pudo observar una alta diferencia significativa entre los tratamientos YARA con el testigo relativo.

F. Análisis económico

Todos los tratamiento generaron una relación Beneficio/Costo mayor a 1 (cuadro 14).

Cuadro 57: Análisis económico segundo ciclo

Tratamiento	Cajas /ha/año	Beneficio /ha/año (Q.)	Mano de obra /ha/año (Q.)	Costo fertilizante /ha/año (Q.)	Costo parcial (Q.)	Relación B/C
D1 (baja)	2,874.08	109,545.56	404.64	8,194.29	8,598.93	12.7
D2 (media)	2,919.49	111,276.36	505.80	10,017.53	10,523.33	10.57
D3 (alta)	2,937.79	111,973.87	632.25	12,296.57	12,928.82	8.66
Testigo relativo	2,702.48	103,005.03	638.69	9,750.00	10,388.69	9.92

Con la observación que el costo del fertilizante, ya incluye el costo de transporte hasta la finca y el IVA.

Economicamente el tratamiento D1 (baja) es el que poseen la relación B/C más alta de 12.7 y que estima, que por cada quetzal invertido generará 0.127 centavos de quetzals de utilidades, y también cabe mencionar que es el tratamiento que posee las dosis más baja y por ende los costos más bajos. Siendo este el recomendado para aumentar el rendimiento del cultivo para esta zona.

3.2.4 Evaluación

- Estadísticamente no existió diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en la segunda generación del cultivo de banano (*Musa sapientum L.*), sobre las condiciones locales de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.
- Cabe mencionar que las variables peso del racimo con pizote y número de dedos en la mano apical del racimo, indicaron diferencia significativa entre los tratamientos, siendo los tratamientos D1 (baja) D2 (media) y D3 los que poseen un resultado similar y por ende mayor al testigo relativo.
- Con la información obtenida de los perfilados de los racimos pudimos apreciar una gran cantidad de daño por merma de cosecha, donde el tratamiento D1 obtuvo 4.2 kg por fricción y así sucesivamente en los otros tratamientos D2 y D3, lo cual pudo afectar negativamente el rendimiento.
- Económicamente el tratamiento D1 (baja) posee la mejor relación B/C de 12.7, siendo este el recomendado para generar mejores resultados económicos.

3.2.5 Bibliografía

Duque, A. (2019). *Evaluación del efecto de cuatro niveles de un programa de nutrición sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de banano (Musa sapientum L.), en un suelo molisol, perteneciente a la finca Tolimán, diagnóstico y servicios realizados en las fincas Bellamar 1 y Tolimán, Tiquisate, Escuintla, Guatemala, C.A.* Tesis de Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 193 p. [Http://www.repositorio.usac.edu.gt/12193/1/Integrado%2C%20Alejandro%20Duque%202019.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/12193/1/Integrado%2C%20Alejandro%20Duque%202019.pdf)

Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., & Tablada, M. (2014). *Software estadístico.* (version 29.9.2020) [software]. Infostat. <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=15>

Infoambiental. (2009). Cultivos de banano en Guatemala. 66 p. [Http://infoambiental.org/](http://infoambiental.org/)

López, E., & González, B. (2016) *Diseño y análisis de experimentos fundamentos y aplicaciones en agronomía.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 280 p. [Http://cete.fausac.gt/wpcontent/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf](http://cete.fausac.gt/wpcontent/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf)

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 280 p. [wpcontent/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf](http://cete.fausac.gt/wpcontent/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf)



3.3 Parcela demostrativa en el cultivo de Limón persa (*Citrus latifolia*) en hacienda la Flora, Tiquisate, Escuintla.

3.3.1 OBJETIVOS

- Evaluar la respuesta a la aplicación del programa de nutrición YARA en los meses de febrero a Noviembre, en la región de Tiquisate, Escuintla.
- Realizar demostraciones de manejo de podas en el cultivo de limón, y otros manejos necesarios.

3.3.2 METODOLOGÍA

A. Descripción de la parcela demostrativa establecida

El tamaño de la finca es de 4 hectáreas y se encuentra en las geoposición satelital 14°16'41.7"N 91°21'35.3W, con una pendiente casi plana de 0 %, se trabajó una ha de limón persa, donde se aplicó un programa de nutrición de YARA y manejo de podas.

Cultivo(s) de importancia económica en la finca: Limón Persa, la plantación en el mes de febrero 2019 contaba con seis meses de edad y se encontraba con fuertes ataques de minadores (*Phyllocnistis citrella* S.) que evitaba el desarrollo vegetativo del mismo.

B. Fertilización de la parcela

La aplicación se realizó manual al contorno de la base del tallo a una distancia aproximada de 0.15 m distribuidos homogéneamente en el área de raíces.

La aplicación foliar se ejecutó en Bomba manual, con una distribución de gotas homogéneas en toda el área vegetativa, utilizando las dosis de 0.5 L/ha con un intervalo de 3 meses entre aplicaciones.

a. Características del programa nutricional YARA utilizado.

A continuación, se detalla la composición química de los fertilizantes que se utilizarán en la parcela demostrativa del cultivo de limón persa, así conoceremos la diversidad de elementos que estos poseen, ver cuadro 2.

Cuadro 58: Composición química de las familias de fertilizantes YARA utilizados

Fertilizantes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn	Fe	Mn
Foliar YaraVita bortrac	65						15			
Foliar YaraVita zintrac	1.8							70		
YaraMila nitrocomplex	21	17	3		0.6	4		0.15		
YaraMila complex	12	11	18		2.7	8	0.015	0.02	0.2	0.002
Foliar YaraVita bortrac	65						15			

Fuente: YARA, (2018).

Las familias de estos fertilizantes utilizados estaban orientados a los requerimientos nutricionales del cultivo de limón persa, de esta manera se establecieron dosis mensuales que cumplan con una nutrición completa en la edad requerida por el cultivo, (cuadro 3).

Cuadro 59: Calendarización mensual del programa de nutrición YARA

Fertilización manual											2019	237
												Ptas/ha
Productos	Unidad de mediada	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	octubre	Noviembre	Total unidad (oz/pta.)
YaraMila nitrocomplex	Oz/ planta		3		3		3		3		3	15
YaraMila complex	Oz/ planta			3		3				3		9
YaraLiva nitrabor + zinc 5 %	Oz/ planta			2		2				2		6
Yara kiserite	Oz/ planta				2				2			4
Fertilización foliar											2019	L/ha
YaraVita zintrac 70 %	L/ha	0.5			0.5			0.5			0.5	2.0
Yara Vita bortrac 15 %	L/ha	0.5			0.5			0.5			0.5	2.0

Fuente: YARA, (2018).

En el siguiente cuadro se describe la demanda de fertilizante utilizado en la parcela demostrativa (1 ha), durante los diez meses en que se estuvo intalada.

Cuadro 60: Cantidad de fertilizante utilizado del programa YARA

Producto de fertilizantes	Total unidad (oz/pta.)	Total ha (oz/237plantas)	Total (kg/ha)
YaraMila nitrocomplex	15.0	3,555	100.99
YaraMila complex	9.0	2,133	60.59
YaraLiva nitrabor + zinc 5 %	6.0	948	40.39
Yara kiserite	4.0	474	29.93

Fuente: elaboración propia, (2019).

b. Programa de nutrición implementado por la finca local

1.33 oz de sulfato de potasio

1.33 oz de DAP (18-0-46)

1.33 oz de MOP (0-0-60)

Total 4 oz de mezcla por planta de limón

C. Manejos del cultivo

a. Poda de formación

Durante los 10 meses de manejo del cultivo, se realizarón 2 podas muy marcadas; la poda de formación que se hizo en febrero y la poda de final de formación en agosto.

Se definió que la copa arbustiva quede entre 0.8 a 1 m de altura, para facilitar el manejo de labores dentro del cultivo. Las ramas seleccionadas quedaron dispersas rodeando el árbol, evitando que dejar una sobre otra.

b. Control de brotes bajos

Con intervalos de 25 días se realizó la eliminación de brotes (llamados chupones) en el área basal del tallo para evitar el desarrollo de otra copa arbustiva no estipula, siempre cumpliendo con una de altura de 0.80 a 1 m de tronco.

c. Contro etológico

El apoyo a este control se debió a la infestación de minador (*Phyllocnistis citrella* S.) y trips que se tenía en los primeros 4 meses de manejo.

Las trampas se colocaron en forma de zig-zag a una distancia promedio de 15 m. Se eligió el plástico amarillo por el tipo de plaga que se tenía presente, y así disminuir las poblaciones.

3.3.3 RESULTADOS

A. Aplicación de fertilizante granular

Las fertilizaciones se aplicarán con un intervalo mensual siguiendo el programa de nutrición proporcionado por YARA, en las siguientes fotografías se observan la forma en que se aplicó el fertilizante al suelo (al voleo y contorno de la planta).



Figura 16. Aplicación granular al voleo



Figura 17. 3ra. aplicación de fertilizante

B. Aplicación fertilizante foliar

Para las aplicaciones foliares se ejecutaron cada dos meses con una dosis de 0.5 L/ha, realizando las calibraciones de dispersión y uniformidad de foliar sobre la superficie de las hojas.



Figura 18. Aplicación fertilizante foliar



Figura 19. Distribución foliar en la hoja

C. Manejo realizado en el cultivo de limón

a. Poda de formación (febrero 2019)

Se definió la altura del tronco del árbol (0.8 a 1 m) y se seleccionó las ramas que formaron la copa adecuada para su desarrollo vegetativo.



Figura 20. Poda de formación



Figura 21. Copa arbustiva de formación

b. Poda de formación y definición (septiembre 2019)

Se consiguió obtener una copa arbustiva definida que fueron las ramas que produjeron los frutos, y se evitó el desarrollo excesivo de las ramas al reducir el tamaño de los chupones (ramas sin brotes).



Figura 6. Poda de definición



Figura 73. Copa arbustiva de definición

c. Eliminación de brotes bajos

Los brotes bajos fueron un problema durante la etapa de desarrollo de la planta, debido a que estos brotaban rápidamente y su eliminación solía hacerse constantemente a cada 3 ó 4 semanas dependiendo de la velocidad de crecimiento.



Figura 24. Brotes bajos en limón



Figura 25. Eliminación de los brotes bajos

d. Control etológico

Se logró disminuir la incidencia del minador de la hoja (*Phyllocnistis citrella* S.) y se evitó la reproducción excesiva del adulto de este insecto.



Figura 26. Daño por *Phyllocnistis citrella*



Figura 27. Trampas etológicas

3.3.4 EVALUACIÓN

A. Resultados de la poda de formación

En las siguientes fotografías se muestra el desarrollo que obtuvo la copa arbustiva después de la primera poda realizada a los 4 meses de edad, lo cual la definición fue marcada con un excelente número de brotes.



Figura 28. Copa arbustiva formada (Programa YARA)

B. Desarrollo vegetativo previo a la primera floración

En las siguientes fotografías observamos el desarrollo de la copa arbustiva en el mes de Julio 2019 (14 meses de edad del cultivo). Donde el número de brotes en las ramas que se definió para el testigo relativo fue de baja frondosidad, todo lo contrario con la parcela demostrativa del programa de fertilización YARA que se logró una alta frondosidad en la copa arbustiva.



Figura 29. Copa arbustiva testigo relativo



Figura 30. Copa arbustiva programa YARA

C. Diferencia de fructificación en ambas áreas de demostración

En ambas areas tanto testigo relativo como programa YARA se logró observar un ensayo por parte de las plantas de los primeros frutos. La diferencia que se determinó fue la calidad de los frutos, debido a que en el programa YARA se observe mejor coloración y tamaño.



Figura 31. Frutos testigo relativo



Figura 32. Frutos programa YARA

D. Control etológico

Este control fue de mucha importancia porque se redujo la incidencia del minador de hoja (*Phyllocnistis citrella* S.), observándose pequeños daños todavía en algunas plantas.



Figura 33. Reducción de *Phyllocnistis citrella*

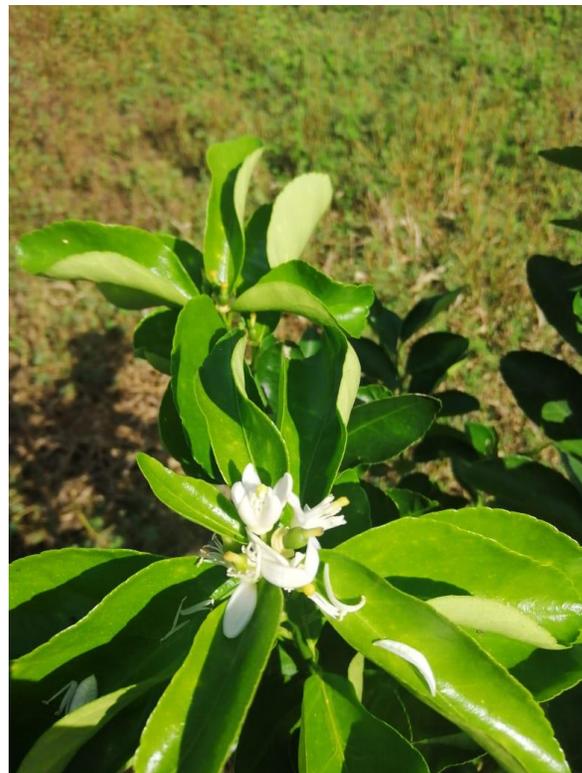


Figura 34. Floración libre de plagas

3.3.5 Bibliografía

Duque, A. (2019). *Evaluación del efecto de cuatro niveles de un programa de nutrición sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de banano (Musa sapientum L.), en un suelo molisol, perteneciente a la finca Tolimán, diagnóstico y servicios realizados en las fincas Bellamar 1 y Tolimán, Tiquisate, Escuintla, Guatemala, C.A.* Tesis de Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 193 p. [Http://www.repositorio.usac.edu.gt/12193/1/Integrado%2C%20Alejandro%20Duque%202019.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/12193/1/Integrado%2C%20Alejandro%20Duque%202019.pdf)

INFOAGRO. (2019). *El minador de la hoja de cítricos (Phyllocnistis citrella Stainton).* On line curso de citricultura. [Https://www.infoagro.com/citricos/informes/minador_de_citricos.htm](https://www.infoagro.com/citricos/informes/minador_de_citricos.htm)

Keyhole Inc. (2019). *Earthviewer google earth.* (Versión 7.3.2.5491 23/7/2018) [software]. <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>

YARA INTERNATIONAL ASA. (2019). YARA Guatemala. [Https://www.yara.com.gt/](https://www.yara.com.gt/)

YARA INTERNATIONAL ASA. (2019). YARA Guatemala. [Https://www.yara.com.gt/](https://www.yara.com.gt/)





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



REF. Sem. 50/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum* L.) SOBRE EL RENDIMIENTO, PERTENECIENTE A LA FINCA TOLIMÁN, TIQUISATE, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: ERICK ESTUARDO MEJÍA ÁVILA

CARNÉ: 201502809

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Francisco Vásquez
Dr. Aníbal Sacabajá Galindo
Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez

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


Dr. Aníbal Sacabajá Galindo
ASESOR ESPECÍFICO


Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez
DOCENTE-ASESOR EPS


Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA



CFLB/nm
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA –EPS–



Ref. SAIEPSA.21.Seg-2021

Guatemala, 14 de octubre de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum* L.), SOBRE EL RENDIMIENTO EN UN SUELO MOLISOL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS BAJO LAS CONDICIONES DE LA FINCA TOLIMÁN TIQUISATE, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.

ESTUDIANTE:

ERICK ESTUARDO MEJÍA ÁVILA

No. CARNÉ

201502809

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

“EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum* L.), SOBRE EL RENDIMIENTO, PERTENECIENTE A LA FINCA TOLIMÁN TIQUISATE, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Francisco Javier Vásquez
Dr. Anibal Sacbajá Galindo
Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez

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

“Id y enseñad a Todos”

Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Rey

Coordinador Area Integrada – EPSA





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Reconocida Internacionalmente



No. 79.2021

Trabajo de Graduación:	"EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (<i>Musa sapientum</i> L.), SOBRE EL RENDIMIENTO EN UN SUELO MOLISOL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS BAJO LAS CONDICIONES DE LA FINCA TOLIMÁN TIQUISATE, ESCUINTLA GUATEMALA C.A."
Estudiante:	Erick Estuardo Mejía Ávila
Carné:	201502809

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

