

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

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.

ALEJANDRO RENÉ DUQUE VALDEZ

GUATEMALA, MAYO DE 2019

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

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.

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

POR

ALEJANDRO RENÉ DUQUE VALDEZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

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

GUATEMALA, MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paíz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutierrez Alvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Alvarez
VOCAL V	Per. Agr. Marvin Manolo Sicajau Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, MAYO DE 2019

Guatemala, mayo de 2019

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO 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.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ALEJANDRO RENÉ DUQUE VALDEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Quien fue el motor que siempre me impulso, me dio sabiduría, entendimiento, perseverancia, paciencia y consuelo.

**MIS PADRES
HERMANA**

Y Mario René Duque, Alma Yomara Valdez Elías y Emery Fernanda Duque Valdez. Quienes estuvieron durante todo este proceso, dándome sus consejos, amor, confianza y apoyo incondicional.

ABUELOS

Gracias por su sabiduría, amor y mensajes de aliento durante toda mi vida.

TIOS

Quienes me brindaron su hogar como si fuera el mío, tomaron el rol de padres en muchos momentos y estuvieron pendientes de mí.

MI NOVIA

Mayra Judith Valdez Cortave. Quien ha estado en este y muchos triunfos, por ser mi confidente, por darme su amor y apoyo incondicional durante este proceso.

AMIGOS

Quienes han sido como mi familia en muchos lugares en los cuales he estado durante este proceso (Pachalum, Chichicastenango, Santa Cruz del Quiche, Ciudad Capital y Tiquisate Escuintla), quienes me han apoyado y brindado su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi Supervisor Ing. Agr. Walter Reyes. Por su amistad, apoyo y sugerencias en los momentos oportunos.

Mi Asesor Dr. Iván Dimitri por ayudarme en el seguimiento de la investigación.

Ing. Arnulfo Montoya Gracias por su apoyo durante el proceso de EPS, por su amistad y consejos de vida.

Yara Guatemala S.A y Plantaciones Tolimán Gracias por permitirme realizar mi EPS en su equipo de trabajo y por enseñarme sobre nutrición y banano.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	Página
RESUMEN	XIII
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO SOBRE EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO DE BANANO (<i>Musa sapientum</i> L.) EN LA FINCA BELLAMAR 1, TIQUISATE, ESCUINTLA.	1
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 MARCO REFERENCIAL	4
1.3.1 Descripción general del área de estudio	4
A. Clima	4
B. Colindancias.....	5
C. Ecología	5
D. Suelos	6
E. Área de estudio	7
1.4 METODOLOGÍA	8
1.4.1 Participantes.....	8
1.4.2 Área de influencia.....	8
1.4.3 Fase de campo.....	8
1.4.4 Fase de gabinete.....	9
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
1.6 CONCLUSIONES	21
1.7 RECOMENDACIONES.....	21
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	22
1.9 ANEXOS.....	23

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO NIVELES DE UN PROGRAMA DE NUTRICIÓN SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BANANO (<i>Musa sapientum</i> L.), EN UN SUELO MOLISOL PERTENECIENTE A LA FINCA “TOLIMÁN”, TIQUISATE, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.		29
2.1	PRESENTACIÓN	31
2.2	MARCO TEÓRICO.....	33
2.2.1	Marco conceptual.....	33
A.	Descripción botánica del banano	33
B.	Taxonomía del banano	33
C.	Ciclo fenológico.....	34
D.	Requerimientos climáticos del banano.....	35
E.	Aspectos nutricionales del banano.....	35
F.	Requerimientos nutricionales del banano	36
G.	Fertilización del banano	37
H.	Niveles críticos de nutrientes en la hoja y en el suelo.....	38
I.	Diagnóstico de la fertilidad del suelo y la nutrición mineral en el cultivo de banano	39
J.	Ciclo de los nutrimentos en el cultivo de banano	43
K.	Antecedentes de otras investigaciones realizadas.....	44
2.2.2	Marco referencial	46
A.	Descripción general del área de estudio	46
B.	Descripcion de términos.....	51
C.	Ubicación geográfica de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	51
2.3	OBJETIVOS	53
2.2.2	Objetivo general	53
2.2.3	Objetivos específicos	53
2.3	METODOLOGÍA.....	54
2.3.1	Características del material experimental	54

2.3.2	Tratamientos	55
2.3.3	Descripción de los tratamientos.....	59
	A. Fertilización nivel bajo, medio y alto	59
	B. Testigo relativo	59
2.3.4	Diseño experimental.....	59
2.3.5	Descripción de la unidad experimental.....	60
2.3.6	Croquis de campo	60
2.3.7	Manejo agronómico del experimento.....	61
	A. Siembra	61
	B. Riego.....	61
	C. Desmane	61
	D. Deshoje	61
	E. Deshije	62
	F. Control de malezas.....	62
	G. Control de plagas y enfermedades.....	62
2.3.8	Variables respuesta.....	63
	A. Rendimiento por hectárea	63
	B. Peso de racimo.....	63
	C. Número de manos por racimo	63
	D. Número de dedos de mano apical.....	63
	E. Circunferencia de tallo de madre.....	63
	F. Circunferencia de tallo de hijo	64
	G. Altura del hijo en sucesión.....	64
	H. Contenido nutricional en tejido foliar.....	64
2.3.9	Análisis de la información.....	64
	A. Análisis de varianza.....	64
	B. Análisis Económico	64
2.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
2.4.1	Variable rendimiento por hectárea.....	65
2.5.2	Variable peso de racimo.....	68

	Página
2.5.3 Variables evaluadas sin diferencia significativa entre tratamientos	71
2.5.4 Variable contenido nutricional en tejido foliar.....	74
2.5.5 Análisis económico	76
2.5 CONCLUSIONES.....	78
2.6 RECOMENDACIONES	78
2.7 BIBLIOGRAFÍA	79
2.8 ANEXO.....	83
CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA TOLIMÁN TIQUISATE ESCUINTLA. ELABORACIÓN DE UN MANUAL BASICO DE NUTRICION DE BANANO, ANALISIS DE AGUA DE FUENTES QUE ABASTECEN A LA FINCA EN EPOCA DE INVIERNO Y VERANO Y COMPARACIÓN DE DOS PROGRAMAS DE NUTRICION EN DOS SUELOS DIFERENTES.	91
3.1 PRESENTACIÓN.....	93
3.2 Servicio 1: Elaboración de un manual básico de nutrición de banano.	94
3.2.1 OBJETIVOS.....	94
A. Objetivo general.....	94
B. Objetivos específicos	94
3.2.2 METODOLOGÍA	94
3.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	95
A. Producción Nacional	95
B. Principios Agronómicos.....	96
C. Densidad.....	97
D. Salinidad	98
E. Resumen Nutricional del Banano.....	99
F. Aspectos nutricionales del Banano	99
G. Requerimientos Nutricionales del Banano	101
H. Diagnóstico de la fertilidad del suelo y la nutrición mineral en el cultivo de banano	102
I. Dinámica de los nutrientes en el cultivo de banano	110

	Página
3.2.4 CONCLUSIONES.....	124
3.2.5 RECOMENDACIONES	124
3.3 Servicio 2: Análisis de agua de las dos fuentes que abastecen la finca Tolimán en época de verano y época de invierno	125
3.3.1 OBJETIVOS	125
A. Objetivo general	125
B. Objetivos específicos.....	125
3.3.2 METODOLOGÍA.....	126
3.3.3 RESULTADOS	126
3.3.4 CONCLUSIONES.....	132
3.3.5 RECOMENDACIONES	133
3.4 Servicio 3: Comparación de dos programas de nutrición en dos áreas diferentes pertenecientes a la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.	134
3.4.1 OBJETIVOS	134
A. Objetivo general	134
B. Objetivos específicos.....	134
3.4.2 METODOLOGÍA.....	135
A. Características del material experimental.....	135
B. Definición de los Tratamientos	136
C. Diseño experimental.....	137
D. Croquis de distribución de tratamientos	137
E. Variables respuesta.....	138
F. Instrumentos para medición de variables respuesta.	139
3.4.3 RESULTADOS	140
A. Variable rendimiento.....	140
B. Variable número de dedos de mano apical en suelo franco arenoso	141
C. Variable circunferencia de tallo de hijo en suelo franco.....	143
D. Numero de dedos de mano apical suelo franco	145

E. Comparación de circunferencia da tallo de madres a inicio y final del ensayo.	146
F. Variables que no presentaron diferencias significativas en ambos suelos.....	147
G. Contenido nutricional en tejido foliar suelo franco arenoso.....	149
H. Contenido nutricional en tejido foliar suelo franco.....	150
3.4.4 CONCLUSIONES	151
3.4.5 RECOMENDACIONES	152
3.4.6 BIBLIOGRAFÍA	153
3.4.7 ANEXOS	158
A. Cuadros de resultados suelo franco arenoso.....	158
B. Cuadros de resultados suelo frondoso.....	161

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
Figura 1. Series de suelos, municipio de Tiquisate, Escuintla.....	7
Figura 2. Desarrollo de metodología	10
Figura 3. Tanques y productos de mezcla	12
Figura 4. Utilización de altas cantidades de fertilizantes nitrogenados	17
Figura 5. Los programas de fertilización no están basados en análisis de suelos	18
Figura 6. No se aplica materia organica, abonos verdes ni enmiendas correctivas	19
Figura 7. Ciclo fenológico del banano	34
Figura 8. Niveles críticos tentativos en diferentes tejidos de plantas de banano completamente desarrolladas.....	38
Figura 9. Niveles de los elementos en el suelo	39
Figura 10. Relaciones K-Ca-Mg	40
Figura 11. Calculo de las relaciones de equilibrio de los contenidos Ca-Mg-K en dos diferentes zonas de Costa Rica.....	42
Figura 12. Ciclo de los elementos en banano	44
Figura 13. Efecto de dosis de nitrógeno sobre los componentes del rendimiento de banano Williams	45
Figura 14. Serie de suelos municipio de Tiquisate, Escuintla.....	50
Figura 15. Mapa de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla	51
Figura 16. Ubicación geográfica de finca Tolimán y Tiquisate, Escuintla.....	52
Figura 17. Croquis de campo para la distribución de los tratamientos	60
Figura 18. Relaciones B/C, de los tratamientos evaluados, en el cultivo de banano, Tiquisate, Escuintla	77
Figura 19A. Resultados de los análisis foliares a inicio y al final del ensayo	89
Figura 20. Calibración de grado en banano.....	96
Figura 21. Salinidad y biomasa del cultivo Naniaco (Gran enano) – Brazil	99
Figura 22. Relaciones K-Ca-Mg	103
Figura 23. Niveles de los elementos en el suelo	103
Figura 24. Forma de muestrear.....	104

	Página
Figura 25. Calculo de las relaciones de equilibrio de los contenidos Ca-Mg-K en dos diferentes zonas de Costa Rica	107
Figura 26. Niveles críticos tentativos en diferentes tejidos de plantas de Banano completamente desarrolladas	108
Figura 27. Patrones de muestreo de plantas	109
Figura 28. Método internacional de referencia de muestreo foliar de plantas de banano	109
Figura 29. Amarillamiento y peciolo rosáceo por deficiencia de N.....	111
Figura 30. Clorosis deficiencia de Potasio	112
Figura 31. Deformación de dedos por deficiencia de Potasio	112
Figura 32. Respuesta de banano a fuentes y dosis de K.....	113
Figura 33. Fósforo y cosecha Giant Governor India.....	114
Figura 34. Efecto del nitrato de calcio en la incidencia de la mancha de madurez (Brown <i>et al.</i>) y las pérdidas de fruta exportable	116
Figura 35. Síntomas de deficiencia de Magnesio	117
Figura 36. Azufre y Cosecha Hartón Colombia.....	118
Figura 37. Síntomas de deficiencias de Azufre en plantía	119
Figura 38. Síntomas de deficiencias de Zn conocido como "Rayadilla"	121
Figura 39. Deficiencia de Boro, rayas perpendiculares a las nervaduras	122
Figura 40. Hojas de Banano con toxicidad de Boro	123
Figura 41. Corquis de campo.....	137
Figura 42A. Resultados de análisis foliares a inicio y finales de los ensayo	165

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

Cuadro 1. Matriz de priorización de problemas.....	16
Cuadro 2. Priorización de problemas.....	16
Cuadro 3. Análisis FODA.....	20
Cuadro 4A. Mezclas para la aplicación de fertilizante.....	23

Cuadro 5A. Programa de fertilización en motor 9, finca Bellamar 1, febrero 2018.....	23
Cuadro 6A. Análisis de suelo en motor 9, finca Bellamar 1.....	24
Cuadro 7A. Análisis foliar de la tercera hoja motor 9, finca Bellamar 1.....	25
Cuadro 8A. Programa de nutrición motor 9, finca Bellamar 1, año 2017.....	26
Cuadro 9A. Programa de nutrición como refuerzo áreas pobres motor 9, finca Bellamar 1, año 2017.....	26
Cuadro 10A. Programa de nutrición como refuerzo áreas pobres motor 9, finca Bellamar 1, año 2017.....	28
Cuadro 11. Requerimientos nutricionales del banano en kg/ha/año.....	37
Cuadro 12. Clasificación de los tipos de suelo que existen en el municipio de Tiquisate, Escuintla.....	49
Cuadro 13. Análisis de suelo de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	50
Cuadro 14. Composición de fertilizantes utilizados en los programas evaluados en el cultivo de banano en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	55
Cuadro 15. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de banano en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	56
Cuadro 16. Programa de nutrición dosis baja, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	56
Cuadro 17. Programa de nutrición dosis media, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	57
Cuadro 18. Programa de nutrición dosis alta, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	57
Cuadro 19. Programa de nutrición testigo, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	58
Cuadro 20. Aportes nutricionales por tratamiento, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	58
Cuadro 21. Variable cajas producidas por hectárea al año, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	65
Cuadro 22. Variable peso de racimo (kg), en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	68

	Página
Cuadro 23. Análisis de varianza de la variable peso de racimo	68
Cuadro 24. Prueba de Tukey de la variable peso de racimo	69
Cuadro 25. Resumen de análisis de varianza de las variables que no tuvieron una diferencia significativa en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla	71
Cuadro 26. Comparación de circunferencia de madre, a un inicio y al final del ensayo, en el cultivo de banano, Tiquisate, Escuintla	74
Cuadro 27. Análisis de tejido vegetal, del cultivo de banano en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	75
Cuadro 28. Análisis económico de los rendimientos obtenidos en el cultivo de banano, en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.....	76
Cuadro 29A. Variable número de manos.....	83
Cuadro 30A. Análisis de varianza	83
Cuadro 31A. Número de dedos de mano apical	84
Cuadro 32A. Análisis de varianza	84
Cuadro 33A. Circunferencia de tallo de madre	84
Cuadro 34A. Analisis de la varianza	85
Cuadro 35A. Circunferencia de tallo de hijo.....	85
Cuadro 36A. Análisis de varianza	86
Cuadro 37A. Variable altura de hijo	86
Cuadro 38A. Análisis de varianza	86
Cuadro 39A. Costos parciales de la investigación	87
Cuadro 40. Requerimientos nutricionales del banano	101
Cuadro 41. Análisis de agua con fines de riego. En época de verano, fuente1	127
Cuadro 42. Análisis de agua con fines de riego. En época de verano, fuente 2	128
Cuadro 43. Análisis de agua con fines de riego. En época de invierno, fuente1	130
Cuadro 44. Análisis de agua con fines de riego. En época de invierno, fuente 2	131
Cuadro 45. Composición de fertilizantes.....	135
Cuadro 46. Fertilización nivel propuesto.....	136
Cuadro 47. Testigo relativo	136

Cuadro 48. Rendimientos obtenidos en suelo franco arenoso y suelo franco.....	140
Cuadro 49. Variable número de dedos en mano apical	141
Cuadro 50 Análisis de varianza de la variable de número de dedos de la mano apical..	142
Cuadro 51 Prueba de Tukey.	142
Cuadro 52. Variable circunferencia de tallo de hijo.	143
Cuadro 53. Analisis de la varianza de la variable circunferencia de tallo de hijo.....	143
Cuadro 54. Prueba de Tukey	144
Cuadro 55. Variable número de dedos en mano apical.	145
Cuadro 56. Análisis de varianza de la variable número de dedos en mano apical.....	145
Cuadro 57. Prueba de Tukey	146
Cuadro 58. Comparación de circunferencia de madres	146
Cuadro 59. Variables sin diferencia significativa	147
Cuadro 60A. Variable peso de Racimo (kg)	158
Cuadro 61A. Análisis de varianza peso de racimo	158
Cuadro 62A. Variable número de manos por racimo	158
Cuadro 63A. Análisis de varianza número de manos por racimo.....	159
Cuadro 64A. Variable circunferencia de tallo de madre	159
Cuadro 65A. Análisis de varianza circunferencia de tallo de madre.....	159
Cuadro 66A. Variable circunferencia de tallo de hijo.....	160
Cuadro 67A. Analisis de la varianza de la variable circunferencia tallo de hijo	160
Cuadro 68A. Variable altura de Hijo	161
Cuadro 69A. Análisis de la varianza de la variable altura de hijo.....	161
Cuadro 70A. Variable peso de racimo.....	161
Cuadro 71A. Análisis de varianza de la variable peso de racimo.....	162
Cuadro 72A. Variable número de manos por racimo	162
Cuadro 73A. Análisis de varianza de la variable número de manos por racimo.....	162
Cuadro 74A. Variable circunferencia de tallo de madre	163
Cuadro 75A. Análisis de varianza de la variable circunferencia de tallo de madre	163
Cuadro 76A. Variable altura de hijo.....	164
Cuadro 77A. Análisis de la varianza de la variable altura de hijo.....	164

DIAGNÓSTICO SOBRE EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum* L.) EN FINCA BELLAMAR 1, TIQUISATE ESCUINTLA, **INVESTIGACIÓN** EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum* L.), EN UN SUELO MOLLISOL PERTENECIENTE A LA FINCA “TOLIMÁN”, TIQUISATE ESCUINTLA., Y **SERVICIOS EN FINCA PRODUCTORA DE BANANO TOLIMÁN.**

RESUMEN

En el presente documento, se da a conocer el trabajo realizado en YARA S.A. Guatemala, durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, donde se da inicio con el diagnóstico de la finca Bellamar 1. El diagnóstico se enfocó específicamente en la fertilización del cultivo de banano, por lo cual se recabó información sobre, programas de nutrición, análisis de suelo y de tejido foliar, métodos de aplicación, metodologías de distribución de fertilizantes, entre otros. Ya conociendo estas actividades, se realizó una matriz de priorización de problemas donde se escogió el problema más relevante el cual fue que los programas de nutrición no están basados en ningún fundamento científico sino están hechos a base de conocimiento empírico.


Con el fin de resolver el problema de bajas producciones en la finca Tolimán y no basar sus programas en un fundamento teórico se montó la investigación: Evaluación del efecto de tres niveles de fertilización sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de banano (*Musa sapientum* L.), en un suelo molisol perteneciente a la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla. Se evaluaron una serie de variables las cuales se describen en el presente documento con el fin de obtener el rendimiento de cajas exportables por hectárea por año y verificar si existen diferencias significativas entre las variables. Además, se evaluó el contenido nutricional del tejido foliar, mediante análisis de laboratorio al inicio y al final del ensayo y se discute sobre sus diferencias.

La investigación tuvo una duración de ocho meses aproximadamente y se montó mediante un arreglo estadístico de bloques al azar con tres repeticiones, dando como resultados: En la única variable donde se obtuvieron diferencias significativas fue en el peso de racimo (kg) y el rendimiento (cajas/ha/año), donde el tratamiento número dos que corresponde al programa de nutrición con una dosis media, fue el que produjo mayores pesos en los racimos, lo cual aumento el factor e incremento el número de cajas/ha. En todas las demás variables no existieron diferencias significativas, a pesar que se hicieron mediciones quincenales de las variables de altura y circunferencia de hijos (brotes vegetativos inmaduros). Un fenómeno que es importante resaltar es que, si existió diferencia en circunferencia de madres (brotes vegetativos maduros), en la medición que se realizó al inicio y la medición que se realizó al final del ensayo, incrementando considerablemente en la última.

Además de la investigación como parte de los servicios ofrecidos, se estableció una investigación donde se evaluó un programa de nutrición para mejorar el programa de nutrición que normalmente utiliza la finca Tolimán, en dos suelos uno con textura franco arenosa y de textura arenosa. En dicha investigación se evaluaron las mismas variables evaluadas en la investigación anterior.

También se elaboró un manual básico de nutrición de banano el cual está enfocado a personas con escolaridad media ya que existe poca información dentro de las fincas y aún menos en las manos de las personas productoras.

Y por último se vio la necesidad de realizar análisis de agua en las fuentes que abastecen la finca Tolimán en época de verano y época de invierno con la intención de observar si existían diferencias significativas y tomas acciones para evitar problemas en el cultivo e infraestructura de riego.

The seal of the Academia Coahuilense de Ciencias y Letras is circular, featuring a central figure of a man in a red and white robe, surrounded by various symbols including a golden dome, a lion, and a landscape with a rider on a horse. The Latin text "ACADEMIA COAHUILIENSIS INTER CÆTERAS SCIENTIARUM CONSPICUA CAROLINA" is inscribed around the perimeter.

CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO SOBRE EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sapientum* L.) EN LA FINCA BELLAMAR 1, TIQUISATE, ESCUINTLA.

1.1 INTRODUCCIÓN

Para el municipio de Tiquisate el banano y la extracción de aceite representa la actividad más productiva al aportar el 64.60 % de la producción total del municipio según (Gerónimo *et al.* 2013). Este municipio cuenta con diferentes fincas productoras dentro de la cual está la finca Bellamar 1, dedicada en un 100 % a la producción de banano de alta calidad.

La finca Bellamar 1 genera de 300 empleos/año a 500 empleos/año entre sus diferentes procesos productivos, además contribuye con la actividad económica, mediante ventas de comida, venta de productos de rechazo e interacciones con proveedores.

El diagnóstico realizado en la finca tiene como objetivo conocer y describir el proceso productivo del cultivo, específicamente en la nutrición. En Donde se identificaron algunas inconsistencias en, los programas de nutrición, fertilizantes utilizados, entre otros, los cuales pueden disminuir el potencial productivo del cultivo. Dichos problemas se priorizaron mediante una matriz de priorización de problemas, y esto ayudo a proponer metodologías de investigación o de servicios para obtener mejores resultados.

Para lograr obtener los resultados aquí presentados se llevaron a cabo caminamientos sobre los diferentes motores productivos a la hora de aplicación de fertirriego, acompañado del supervisor de nutrición del área. También se visitó el área de creación de mezclas donde se conoció la metodología utilizada, los productos y dosis. Parte de la demás información se obtuvo mediante la entrevista directa con los operarios y supervisor nutricional, por información compartida y por revisión bibliográfica.

Se pudo identificar que muchas de las labores de fertilización ya no se realizan manualmente, sino que se utiliza fertirriego lo cual disminuye los costos, pero reduce la focalización de la fertilización, además se realizan análisis de suelo y foliares que no son utilizados como base para realizar los programas de nutrición del cultivo ya que las

aplicaciones se realizan mediante conocimiento empírico que viene ya de varias décadas atrás.

En conclusión, no se realizan los programas de nutrición basados en sus análisis de suelo y foliar, no se realizan aplicaciones de materia orgánica y se utilizan altas cantidades de fertilizantes nitrogenados. Estos problemas serán descritos en el presente trabajo haciendo énfasis a que existe poco interés en investigación en el cultivo de banano.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Conocer el proceso de nutrición en banano (*Musa sapientum* L.), de la finca Bellamar 1, Tiquisate, Escuintla, para la identificación y priorización de problemas.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir el proceso de nutrición en el cultivo de banano (*Musa sapientum* L.).
2. Identificar y priorizar los principales problemas en la nutrición del banano (*Musa sapientum* L.).

1.3 MARCO REFERENCIAL

1.3.1 Descripción general del área de estudio

A. Clima

Por lo general el clima de Tiquisate es cálido, aunque en las noches la temperatura como normalmente se espera desciende, en las zonas cercanas al mar las temperaturas

promedio son de 23 °C a 35 °C (Gerónimo *et al.* 2013). Que es el área donde se encuentra la finca Bellamar 1.

La precipitación pluvial oscila entre 1,500 mm a 3,200 mm por año abarcando la temporada normal de lluvias desde mayo a noviembre, destacando como los meses más lluviosos junio, agosto y septiembre. En el mes de febrero se registran lluvias ocasionales las cuales pueden disminuir un poco la temperatura (Gerónimo *et al.* 2013).

“La humedad relativa es del 79 %, la velocidad media del viento es de 2.1 km/h y con orientación hacia el Sur” (Ciudades.co 2012).

B. Colindancias

En cuanto a la ubicación la finca Bellamar 1 está a 180 km de la ciudad capital con carreteras asfaltadas hasta aldea Bolivia y de aldea Bolivia a la finca se encuentra en condiciones de terracería. El municipio colinda al Norte con Patulul y Rio Bravo, Suchitepéquez, al Este con Nueva Concepción; al Sur con el océano Pacífico; al Oeste con Rio Bravo, Santo Domingo y Mazatenango, Suchitepéquez. El municipio cuenta con una altitud media de 70 m s.n.m.

C. Ecología

Según De la Cruz (1982) citado por Benítez (1999), la región de ubica en la zona de vida denominada Bosque Húmedo Subtropical (Cálido). Se sabe que la vegetación antes de estar establecidas las plantaciones consistieron en Selvas tropicales alternando con claros y pantanos.

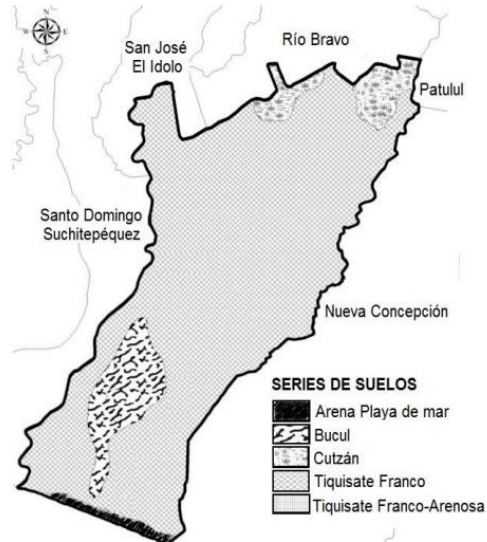
D. Suelos

Según la clasificación realizada por Simmons citado por Benítez (1999) la región se encuentra dentro de las series Tiquisate y Bucul. Con suelos profundos, desarrollados sobre depósitos marinos aluviales de color oscuro. Los suelos son caracterizados por ser planos uniformes. Son caracterizados por poseer buenos drenajes con textura franca en su mayoría.

El suelo superficial en promedio tiene una profundidad de 40 cm, con un porcentaje de materia orgánica que oscila de 5 % a 10 %. Constan de una estructura de suelo granular lo cual facilita el drenaje y con pH de 7 en promedio (Benitez 1999).

Son suelos en su mayoría fértiles, con alto potencial de cultivos tropicales con la observación que debe mantenerse su fertilidad añadiendo materia orgánica o fertilizantes químicos.

En la actualidad la mayoría de los suelos del municipio son ocupados por plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), banano (*Musa sapientum* L.), palma africana (*Elaeis guineensis*) y plátano (*Musa paradisiaca*) principalmente. En la finca Bellamar 1 únicamente se cuenta con el cultivo de banano en su totalidad por lo cual es el único uso que se le da al suelo.



Fuente: Gerónimo *et al.*, 2013.

Figura 1. Series de suelos, municipio de Tiquisate, Escuintla

E. Área de estudio

Específicamente se trabajó en el motor 9 de la finca Bellamar 1, motor se le llama al área que abarca un solo sistema de riego que en este caso es de 54 ha. Cada motor está compuesto por una serie de cables que en este caso son 10 los muestreados, cable se le llama a donde se transporta la cosecha y este divide el área en dos partes a lo largo, donde de cada lado se cuenta con una costilla que en unión forman lo que se llama una gaveta, cada costilla mide 500 m² lo cual por gaveta se tienen 1000 m². Además, cada cable consta de 3 válvulas de riego las cuales también dividen el área.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Participantes

Los participantes fueron los operarios encargados del fertirriego y de tanques de mezclas, los caporales quienes son los encargados de la obtención de los fertilizantes, de supervisar en campo los procesos de fertilización y que se realicen las aplicaciones, el supervisor de nutrición del área quien realiza los programas nutricionales mensuales, gestiona las compras, controla inventarios, supervisa en campo entre otras actividades.

1.4.2 Área de influencia

Se trabajó específicamente en el motor 9 de la finca Bellamar 1 que cuenta con 52.90 ha del cultivo de banano, aunque se hicieron visitas a los diferentes motores con los que cuenta la finca para tener un conocimiento más amplio de las labores las cuales por motor únicamente en lo mínimo. Cabe mencionar que la finca Bellamar 1 pertenece al grupo de trabajo HAME quienes en su totalidad en esta región tienen un área de 12,000 ha de cultivo.

1.4.3 Fase de campo

Se realizó un caminamiento por los cables que corresponde dicho motor, donde se fueron observando directamente las condiciones del sistema acompañado de una serie de cuestionamientos al supervisor y técnicos y lograr comprender muchas de las actividades realizadas y comprender la fenología del cultivo.

Se visitaron los motores, donde se encuentran los tanques que son utilizados para preparar las mezclas y poder aplicar la fertirrigación. En la elaboración de la mezcla se obtuvo alguna

información relacionada con el orden de aplicación de los productos y la separación de las mezclas para evitar posibles reacciones.

Luego al mismo tiempo de realizarse la fertilización se ingresó a algunos cables para poder observar que la aplicación de fertilizantes se estaba llevando correctamente.

Durante toda la fase de campo y de gabinete se realizaron cuestionamientos a los acompañantes y trabajadores encargados de las diferentes áreas, en base a los procesos productivos del cultivo y procesos de nutrición con el objetivo de recopilar la mayor información posible.

1.4.4 Fase de gabinete

En la fase de gabinete se realizó una revisión bibliográfica sobre la ubicación geográfica, condiciones climáticas, actividades económicas entre otros con lo cual se elaboró el marco referencial.

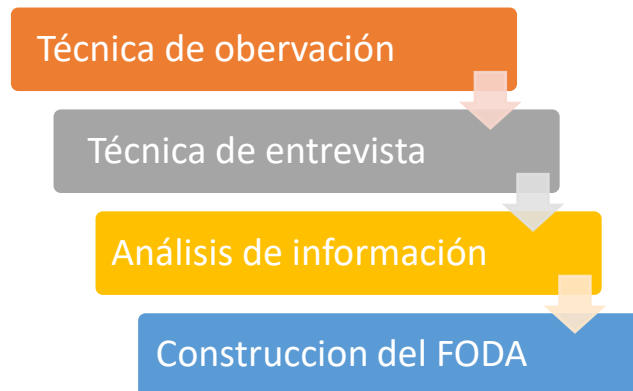
En las oficinas de la finca Bellamar 1 se reunieron los técnicos y supervisores para una presentación de informe mensual que se realiza en la empresa, donde se aprovechó para entrevistar a los técnicos y supervisores sobre la nutrición del cultivo y los problemas que ellos consideran más importantes y que reducen la productividad.

Mediante una entrevista, a los diferentes caporales encargados de los motores, se recopiló información acerca de la nutrición de Banano y se les solicitó identificar los principales problemas de nutrición que ellos consideraban.

Con la información recopilada, tanto por la observación y entrevistas como por la revisión de literatura se procedió a la elaboración de una matriz de priorización de problemas donde se escogieron los tres principales problemas a tratar.

También se elaboró un FODA con el objetivo de dar a conocer lo que esto conlleva tanto a los productores como a la empresa representada.

En el presente diagrama se presenta la secuencia de obtención de la información que se utilizó.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 2. Desarrollo de metodología

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de la nutrición del cultivo de banano, se realiza empíricamente desde que las plantaciones fueron establecidas en esta finca alrededor en los años 90. Ya que los dueños y las personas a cargo en esa época vieron el potencial de los suelos basándose en las plantaciones de caña y maíz.

La nutrición se basa en una serie de fertilizantes de diferentes casas comerciales, que según los encargados de nutrición de la finca Bellamar 1 con la mezcla de estos cumplen con los requerimientos del cultivo y mantienen un equilibrio de los elementos en el suelo conforme pasa el tiempo.

El proceso inicia con programas de fertilización que se realizan mensualmente para los diferentes motores con los que cuenta la finca, estos programas son diseñados a base de formatos que se han ido modificando por los diferentes encargados de nutrición a lo largo de los años. Hasta el momento los programas de nutrición son tablas dinámicas con las cuales se deben de ir modificando el número de aplicaciones dependiendo el mes que se esté trabajando. Como ejemplo en el cuadro 5A se muestra un programa de nutrición del mes de febrero del 2018 para el motor 9 el cual será discutido posteriormente.

Ya terminado el programa se analizan costos y si es viable la implementación debido a parámetros establecidos, a los cuales no se pudo tener acceso, se pasan los programas a los técnicos encargados de realizar las mezclas para fertirriego y los encargados de pedir los productos en bodega y así poder realizar las fertilizaciones a tiempo.

En campo se realizan dos turnos de fertilización dejando un día de por medio, con el fin de que los fertilizantes no reaccionen al ser aplicados en forma de una sola mezcla. Por lo cual se tienen dos tanques de mezcla de 1,300 gal cada uno donde en el cuadro 4A se muestran las mezclas correspondientes.

Como se puede observar en los anexos cuadro 4A no se mezclan fertilizantes que pueden ser antagónicos para otros como el Nitrato de Calcio y el Muriato de Potasio, no se mezcla en Sulfato de Zinc con Sulfato de Amonio que en muchos casos reaccionan o pueden presentar antagonismos en el suelo (Lopez y Espinosa 1995).

Los caporales son los encargados de la supervisión de la fertilización en campo y de lo obtención de los productos para las mezclas. En bodega se lleva un inventario minucioso sobre los productos, por lo cual los programas de fertilización se ajustan para que las cantidades que se piden sean exactas y no queden restos de fertilizante, lo cual representaría pérdidas para la empresa.



Figura 3. Tanques y productos de mezcla

En el cuadro 5A, se puede observar que básicamente para cumplir con la totalidad del área que abarca el motor 9 de la finca se realizan 8 turnos de fertirriego, los cuales contienen la misma cantidad de área, donde cada turno abarca ciertos cables con lo cual se cumple con la aplicación semanal de fertilizantes. Aplicaciones semanales de fertilizantes conlleva a un deterioro del suelo a largo plazo, a contaminación de las aguas tanto superficiales como del manto freático por la cantidad de químico que llega y a provocar desequilibrio en el suelo de los elementos. Aunque estas aplicaciones permiten a la finca obtener altos rendimientos y suplir las exigencias del mercado.

Como se puede observar las aplicaciones de Nitrógeno provienen de diferentes fuentes, y básicamente las fincas bananeras basan su fertilización en fuentes nitrogenadas a base de ureas, a excepción de esta finca que ha comenzado a aplicar nitrógeno en forma de Nitratos con la implementación de las Amidas y Nitrato de Calcio. No se realiza una fertilización

fosforada ya que se indica que los suelos son Fosfóricos y por la poca movilidad del elemento en el suelo y alta reacción que puede ocurrir con otros elementos.

En cuanto a la aplicación de micronutrientes únicamente se aplica Zinc en forma de fertirriego se verá más adelante que en las aplicaciones aéreas se aplican algunos otros, pero básicamente es deficiente debido a que se está descuidando la aplicación de los otros microelementos esenciales.

La finca realiza en promedio dos análisis de suelos por mes y por motor de riego, en los diferentes cables que separan las áreas, lo cual se muestra en el cuadro 6A, dichos análisis son almacenados en una base de datos donde únicamente son utilizados como requisito de la certificación de la empresa. Ya que dichos análisis no son utilizados como base para la elaboración de los programas de fertilización.

Un ejemplo claro que se puede observar es que el cobre en todos los análisis es deficiente en el suelo ya que se encuentra por debajo de los niveles críticos establecidos, pero si revisamos el cuadro 5A, no se encuentra una aplicación de Cu^{++} .

La materia orgánica por su parte en algunos cables y meses sale deficiente, debido a que está por debajo de los niveles críticos del análisis, pero en los programas de fertilización no se realiza ninguna aplicación de materia orgánica o abonos verdes al suelo, además como se sabe la materia orgánica es el lugar donde se encuentran los microorganismos que hacen asimilable algunos elementos para las plantas.

En el análisis foliar presentado en el cuadro 7A, el nitrógeno se muestra como deficiente (abajo de niveles críticos) en el tejido de las plantas en la mayoría de cables y meses, aunque se debe de tener cuidado con las aplicaciones excesivas, ya que como se sabe el Nitrógeno puede bloquear la absorción de potasio para las plantas y observarse una quemadura muy característica en las hojas, y el Potasio es un elemento muy importante para el llenado de fruto por lo cual se necesita en altas concentraciones (Lopez y Espinosa

1995). Se puede observar deficiencias, aunque se realicen las aplicaciones por diversos factores como la fijación o la des nitrificación en el suelo, por lo cual la planta no puede absorber lo que necesita.

El fosforo no sorprende que se muestre deficiente en el suelo ya que este es altamente inmóvil, debido a que reacciona con otros elementos que lo fijan en el suelo. Se pueden tener buenas respuestas de absorción de fosforo, aplicando cadenas polifosforicas y así no ser retenido en el suelo y ser asimilado por la planta.

En cuanto a los micro elementos se pueden notar algunas deficiencias en algunos análisis, donde la causa principal podría sé que no se realizan aplicaciones considerables de micro elementos tanto al suelo como foliares y estas deficiencias pueden reducir el potencial de las plantas como lo dice la ley de Liebig. No se realizan aplicaciones de Hierro y Cobre lo cual es reflejado en las deficiencias mostradas en el análisis foliar.

En cuanto a la fertilización foliar en el motor cuadro 8A se trabajó la que normalmente realiza la finca durante estos últimos años, donde se realizan las aplicaciones aéreas juntamente con productos fúngicos para el combate de Sigatoka negra. Se puede observar que en las aplicaciones foliares no se aplican macronutrientes y son deficientes en micronutrientes ya que se aplican únicamente Zinc, Magnesio, Calcio y Boro haciendo falta elementos como Cobre, Hierro, Molibdeno, entre otros.

Regularmente las aplicaciones de los fertilizantes se realizan los días lunes de cada semana ya que las aplicaciones de productos fúngicos deben realizarse semanalmente. Las dosis son aplicadas empíricamente y debido a esto se han tenido problemas de toxicidades y de deficiencias. Por lo cual las dosis recomendadas por las casas comerciales se han ido ajustando.

Se realizan refuerzos en las áreas (cuadro 9A) que las fincas productoras llaman pobres que básicamente son las áreas donde el suelo es de textura arenosa, debido a que la fertilidad es menor a la de un suelo franco o arcilloso, además también lo basan en los rendimientos por hectárea que se obtienen además de otras medidas como el número de mano por racimo, fechas a la parición entre otros. Entonces estos programas de nutrición están diseñados para estas áreas aplicando mediante fertirriego.

Con estos programas la finca quiere fortalecer la nutrición del cultivo y lograr los resultados que se obtienen en áreas de alta producción donde las condiciones de suelo son fértiles y no se tienen problemas como lixiviación de nutrientes o falta de retención de humedad.

Dentro de sus tablas dinámicas se muestra el cuadro 10A, esta tabla convierte las fuentes de fertilizantes en elementos puros para ver la cantidad aplicada por hectárea tanto de manera foliar como por fertirriego. Como se puede observar las aplicaciones principalmente de Nitrógeno son demasiado altas, pero puede ser posible por las pérdidas que ocurren por ser un elemento muy dinámico como la volatilización, lixiviación, desvitrificación, fijación entre otros. Las aplicaciones de Potasio y Azufre también son buenas debido a que el requerimiento de potasio según (Lopez y Espinosa 1995), son de 500 kg/ha/año a 1,200 kg/ha/año y se descuidan aplicaciones por ejemplo de Molibdeno, Manganeso, Cobre entre otros.

Ya con el conocimiento de las actividades de fertilización de la finca se pueden plantear principalmente tres problemas:

- a) Se utilizan altas cantidades de fertilizantes nitrogenados.
- b) Los programas de fertilización no están basados en análisis de suelos o análisis foliares.
- c) No se aplica materia orgánica, abonos verdes ni enmiendas correctivas.

En el cuadro 1 y 2, se presenta una matriz de priorización de los problemas que se pudieron identificar en la finca Bellamar 1.

Cuadro 1. Matriz de priorización de problemas

Problema	A	B	C
A	-----	B	A
B	B	-----	B
C	A	B	-----

Cuadro 2. Priorización de problemas

NO.	Ponderación
A	2
B	4
C	0
TOTAL	6

Por ponderación el que obtuvo la calificación más alta fue el problema, que los programas de fertilización no están basados en análisis de suelo o foliar y por lo cual las aplicaciones están hechas empíricamente.

En las figuras 4,5 y 6, se detallan las causas y efectos que dan origen los diferentes problemas planteados.

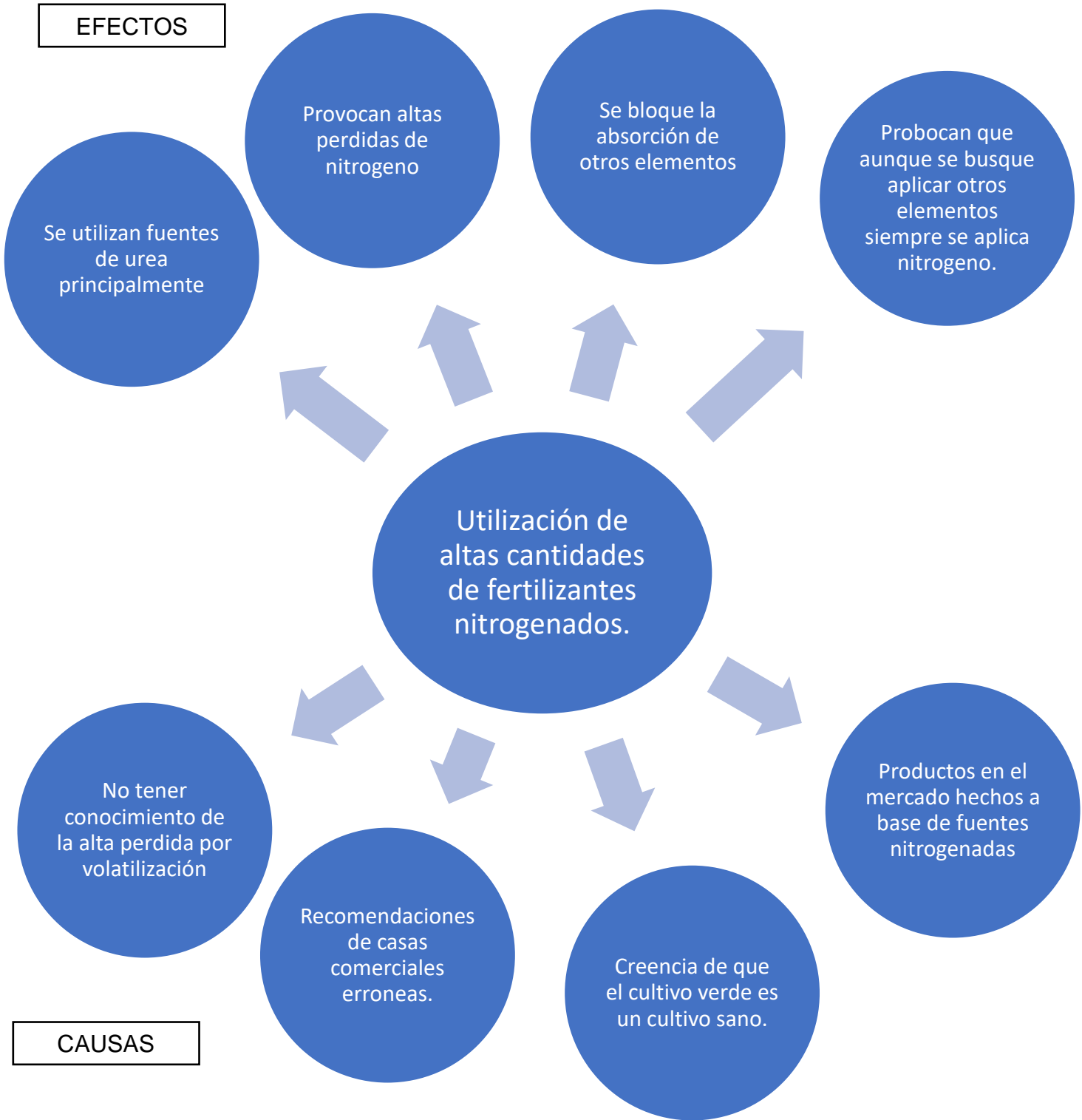


Figura 4. Utilización de altas cantidades de fertilizantes nitrogenados

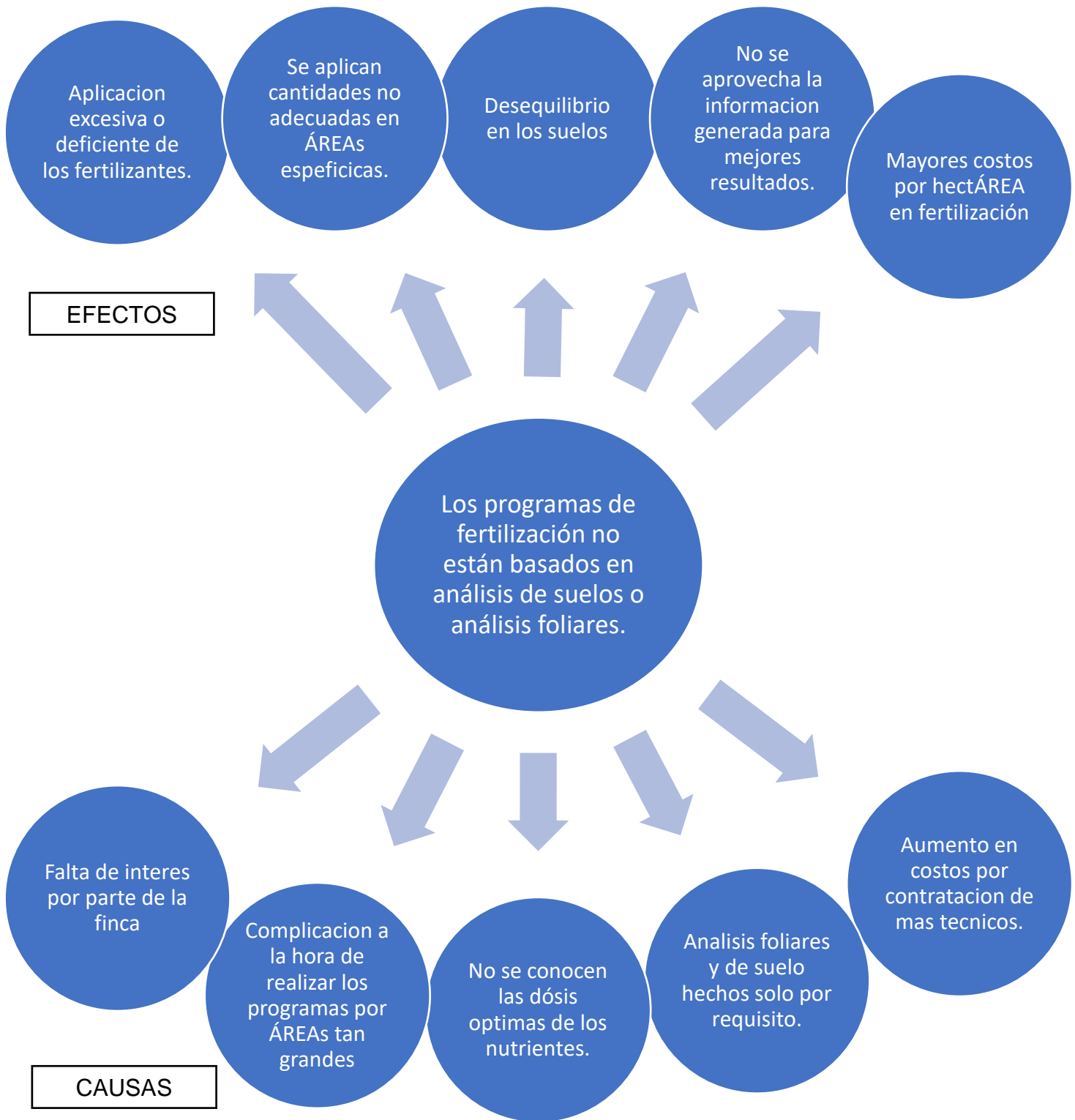


Figura 5. Los programas de fertilización no están basados en análisis de suelos

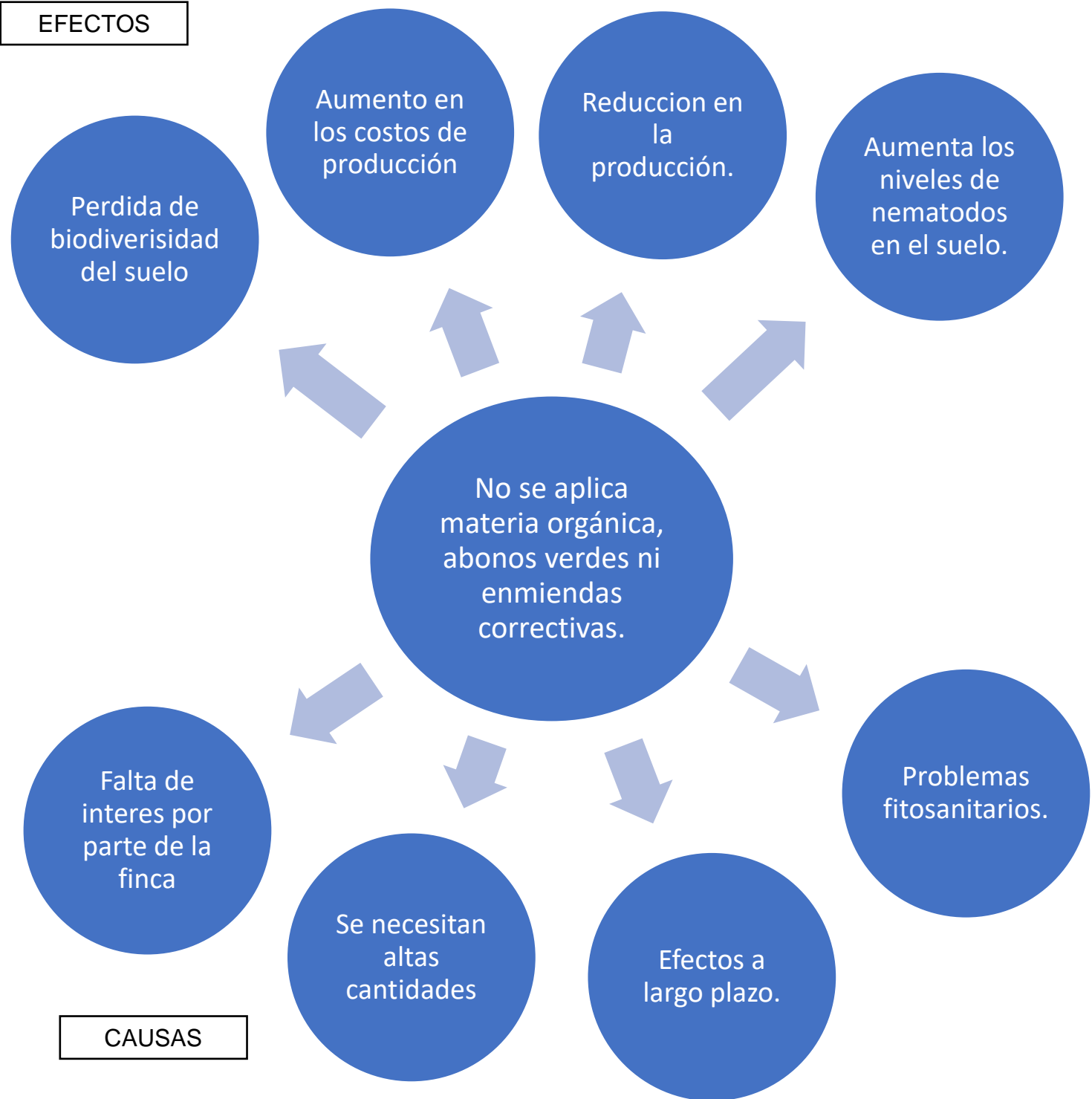


Figura 6. No se aplica materia organiza, abonos verdes ni enmiendas correctivas

En el cuadro 3 se presenta el análisis FODA sobre el proceso de fertilización en la finca Bellamar 1.

Cuadro 3. Análisis FODA

	Fortalezas	Debilidades
Internos	<ul style="list-style-type: none"> - Se realizan análisis foliares y de suelo frecuentes. - Se realizan control de calidad de los fertilizantes. - La empresa es estable económicamente para la compra de fertilizantes. - Se realizan análisis de agua. - Existe fertirriego. - Se realizan aplicaciones foliares aéreas. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se realizan los programas de fertilización acorde a los análisis. - No se realizan correcciones de aguas para las mezclas. - Se aplican altas cantidades de nitrógeno volátil. - No se hacen aplicaciones de materia orgánica. - Probabilidad de realizar malas mezclas.
	Oportunidades	Amenazas
Externos	<ul style="list-style-type: none"> - Alianzas con empresas proveedoras de fertilizantes. - Alta capacidad de compra. - Exportación. - Aumento de producciones con mejor manejo de programas de fertilización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Malas recomendaciones de aplicación de fertilizantes. - Aumento de precios de fertilizantes utilizados. - Escases de fertilizantes solicitados. - Romper alianzas estratégicas.

1.6 CONCLUSIONES

1. Se logró describir el proceso de nutrición del banano mediante el caminamiento en el área y la entrevista de los encargados de nutrición de la finca. Básicamente se resumen en tres pasos, elaboración de plan de nutrición, obtención de fertilizantes y aplicación de las mezclas.
2. Se identificó tres problemas los cuales son uso excesivo de fuentes de nitrógeno, no basar los programas de fertilización en análisis de suelo y foliares y no aplicar materia orgánica o abonos verdes. Donde mediante la matriz de priorización de problemas se priorizó como mayor problema al no elaborar los programas de nutrición acordes a los análisis de tejido foliar y suelo.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Para obtener un aproximado de 4,000 cajas/ha/año como rendimiento, se recomienda basar los programas de fertilización en análisis y requerimientos del cultivo.
2. No hacer aplicaciones empíricas ya que puede estarse aplicando excesivo o poco fertilizante.
3. Moderar las aplicaciones de Nitrógeno ya que se pueden crear desequilibrio en el suelo de otros nutrientes como el Potasio.
4. Buscar alternativas de fertilizantes que tengan porcentajes de pérdida bajos, como nitratos que son rápidamente asimilables por la planta.

5. Favorecer la cantidad de materia orgánica en los suelos con aplicaciones trimestrales para aumentar la concentración de microorganismos y poder transformar los nutrientes a formas más solubles rápidamente.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Ciudades.co. 2012. Localidad de Tiquisate (Escuintla). Disponible en http://www.ciudades.co/guatemala/ciudad_tiquisate_05006.html
2. Góngora Benitez, JE. 1999. Caracterización del sub-sistema plátano (*Musa paradisiaca* L.) en los sistemas de producción de los municipios de Tiquisate y Nueva Concepción en el departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Disponible en <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01789.pdf>
3. López, A; Espinosa, J. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano. Costa Rica, International Plant Nutrition Institute. 86 p. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/N%20F%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.pdf)
4. Paredes Gerónimo, A; Romero Flores, KN; García Monzón, VJM; López Estrada, CP; Montufar Argueta, SJ; Raymundo Velasco, GP; Cruz, GA; Cruz, EF; Rodríguez Santizo, SD; Hernández Granillo, YC; Juracán Macario, JA; Aguirre Juárez, EJ; González Roldán, SL; Guerra, JB; García Miranda, RE. 2013. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión; municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla; Informe general. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 547 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0854_v1.pdf

1.9 ANEXOS

En los cuadros 4A al 10A se presentan los resultados obtenidos en el diagnóstico de la fertilización de la finca Bellamar 1

Cuadro 4A. Mezclas para la aplicación de fertilizante

MOTOR	HECTAREAS	PRIMERA VUELTA DE FERTIRIEGO															
		AMIDAS	SULFATO DE AMONIO	MURIATO DE POTASIO	AQUA CLEAN AF (LTS)	NITRATO DE CALCIO	ETIBOR-48	SULFATO DE ZINC	SULFATO DE MAGNESIO HEPTA	HUMATO DE POTASIO	NUTRISORB L						
1, 3, 4	163.24	X	X	X	X						X					X	
MOTOR	HECTAREAS	SEGUNDA VUELTA DE FERTIRIEGO															
		AMIDAS	SULFATO DE AMONIO	MURIATO DE POTASIO	AQUA CLEAN AF (LTS)	NITRATO DE CALCIO	ETIBOR-48	SULFATO DE ZINC	SULFATO DE MAGNESIO HEPTA	HUMATO DE POTASIO	NUTRISORB L						
1, 3, 4	163.24					X	X	X	X	X							

Fuente: finca Bellamar 1, 2018.

Cuadro 5A. Programa de fertilización en motor 9, finca Bellamar 1,

Finca Bellamar 1												
Semanas	feb-18											
MOTOR No. 9	Quintales Y Libras de Fertilizante											
	HECTAREAS	CABLESTURNO	AMIDAS	SULFATO DE AMONIO	MURIATO DE POTASIO	AQUA CLEAN AF (LTS)	NITRATO DE CALCIO	ETIBOR-48	SULFATO DE ZINC	SULFATO DE MAGNESIO HEPTA	HUMATO DE POTASIO	NUTRISORB L
1	7.56	40-15-42-17	2.86	1.89	2.36	2.00	1.43	16.50	0.00	166.50	4.00	2.00
2	7.56	40-15-42-17	2.86	1.89	2.36	2.00	1.43	16.50	0.00	166.50	4.00	2.00
3	7.56	39-14-17-42	2.86	1.89	2.36	2.00	1.43	16.50	0.00	166.50	4.00	2.00
4	7.56	39-14-16-42	2.86	1.89	2.36	2.00	1.43	16.50	0.00	166.50	4.00	2.00
5	7.56	38-13-41-16	2.86	1.89	2.36	2.00	1.43	16.50	0.00	166.50	4.00	2.00
6	7.55	38-13-41	2.85	1.90	2.35	2.00	1.43	16.50	0.00	166.50	4.00	2.00
7	7.55	41-42-16	2.85	1.90	2.35	2.00	1.42	16.50	0.00	166.50	4.00	2.00
8												
TOTAL	52.90		20.00	13.25	16.50	14.00	10.00	115.50	0.00	1165.50	28.00	14.00

Fuente: finca Bellamar 1, 2018.

Cuadro 6A. Análisis de suelo en motor 9, finca Bellamar 1

ANÁLISIS DE SUELO													
NIVELES ADECUADOS													
		5.5 - 7.5	2--4	5--15 meq/100 gr	30-75	300-500	1000-2000	250-500	10-100	40-250	10-250	2--25	6--9
Año	Mes	PH	M.O.	CIC	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu
2017	Ene	7.02		21.72	134	497	256A	931	45	170	40	27	4.01
		7.19		21.23	131	532	2544	872	25	183	24	32	3.89
		7.57		18.86	139	680	2098	809	29	200	44	28	3.67
		7.29		16.74	52	778	1988	710	14	232	47	13	5.65
		7.09		21.94	184	825	2592	838	21	242	45	21	5.05
	Mar	7.19	2.07	14.09	92	575	1278	572	19	122	17	16	2.74
		7.56	2.46	21.01	81	622	2102	881	30	155	53	25	3.08
	May	8.59	1.12	27.19	121	598	3138	1036	35	131	45	28	3.50
		7.57	2.19	18.69	42	1251	2164	562	21	244	57	10	10.47
	Julio	6.85	1.87	6.09	62	239	628	252	14	117	25	18	3.10
	7.17	2.80	10.22	57	178	1245	397	23	159	37	19	3.53	
Oct	6.76	1.73	8.99	34	288	1035	360	9	147	29	9	2.78	
	7.49	1.62	13.21	27	252	1598	531	10	150	29	11	3.26	
Nov	6.65	1.75	7.61	18	304	873	284	11	84	12	16	1.71	
	7.4	2.46	16.78	23	409	1834	598	18	101	33	5	2.06	
2018	Ene	6.9	1.69	10.20	81	361	1080	428	26	100	27	7	2.71
		7	2.17	13.38	89	353	1471	578	19	133	29	14	2.64

Fuente: finca Bellamar 1, 2018.

Cuadro 7A. Análisis foliar de la tercera hoja motor 9, finca Bellamar 1

ANÁLISIS FOLIAR TERCERA HOJA.												
NIVEL ADECUADO												
		2.7- 3.6	0.18- 0.35	3.0- 4.8	0.5- 1.20	0.27- 0.60	0.2- 0.3	10--80	80-360	6 -- 30	40-1600	18-200
Año	Mes	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Cu	Mn	Zn
2017	Ene	2.58	0.17	4.15	0.82	0.46	0.15	13.02	75.50	7.12	60.81	25.37
		2.71	0.19	4.36	0.77	0.42	0.16	11.20	104.62	8.96	81.13	40.14
		2.64	0.17	3.72	0.83	0.44	0.16	11.10	75.75	6.92	66.21	23.85
		2.50	0.17	3.86	0.88	0.37	0.16	11.52	79.55	10.23	78.68	21.83
		2.69	0.17	3.83	0.67	0.35	0.16	11.39	92.44	9.16	61.44	25.22
	Febrero	2.84	0.18	4.07	0.80	0.46	0.23	12.82	99.36	8.60	113.20	104.78
	Marzo	2.32	0.18	4.57	0.82	0.46	0.21	10.80	92.62	4.86	96.97	40.16
		2.38	0.20	4.41	0.83	0.43	0.23	12.84	71.40	5.74	65.94	26.11
	Mayo	2.43	0.19	4.88	0.81	0.31	0.20	14.80	62.81	8.35	67.48	21.47
		2.33	0.17	3.97	0.62	0.34	0.23	13.52	58.37	7.90	58.46	28.46
	Julio	2.37	0.22	4.52	0.52	0.34	0.17	18.43	67.57	4.33	44.76	22.30
		2.33	0.27	5.05	0.45	0.32	0.18	19.75	68.05	7.80	45.89	22.45
Octubre	2.84	0.25	3.78	0.68	0.46	0.30	27.60	110.65	7.07	67.72	31.08	
	2.62	0.21	3.46	0.80	0.44	0.28	21.51	82.23	8.49	53.68	27.38	
Noviembre	2.92	0.23	3.78	0.76	0.44	0.23	16.91	80.32	5.22	89.80	37.81	
	2.58	0.25	4.31	0.81	0.41	0.23	15.24	63.76	5.57	111.81	38.70	
2018	Enero	3.19	0.28	4.17	0.75	0.44	0.38	15.35	107.43	9.53	169.03	66.87
		42	2.91	0.24	4.05	0.65	0.44	0.30	15.08	87.47	5.80	91.46

Fuente: finca Bellamar 1, 2018.

Cuadro 8A. Programa de nutrición motor 9, finca Bellamar 1, año 2017

FERTILIZACION FOLIAR															
PRODUCTOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem- bre	Octubre	Noviem- bre	Diciem- bre	TOTAL UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL \$
Pro Magnesio (10%Mg) Lts	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	18.0	3.39	61.02
Pro Zinc (8% Zn) Lts	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	18.0	3.60	64.80
Pro Calcio Boro (10%Ca+2%B) Lts	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	18.00	3.75	67.50
TOTAL FOLIAR															212.65

Fuente: finca Bellamar 1, 2018.

Cuadro 9A. Programa de nutrición como refuerzo áreas pobres motor 9, finca Bellamar, año 2017


REFUERZOS AREAS POBRES															
PRODUCTOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem- bre	Octubre	Noviem- bre	Diciem- bre	TOTAL UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL \$
FERTIMMS 20-20-20 + 1% S, 0.01% B, 0.01% Cu, 0.05% Fe, 0.02% Mn, 0.07% Mo, 0.01% Zn (Kgs)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48	3.10	148.80
Root Feed Dry 18%Ca + 9 %N + 0.5 Bo (Kgs)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	3.41	122.76
Nutrisorb L (25% ácidos carboxílicos) Lts	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	11.86	142.32
MANO DE OBRA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	6.00	17.41	104.46
TOTAL FOLIAR															518.34

Fuente: finca Bellamar 1, 2018.

Cuadro 10A. Programa de nutrición como refuerzo áreas pobres motor 9, finca Bellamar 1, año 2017

APORTES NUTRICIONALES (Kilogramos de ingrediente activo/Ha)															
SISTEMA DE APLICACIÓN	N	P	K	Mg	Ca	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Acido Carboxi	Acidos Humicos	Acidos Fulvicos
FERTIRIEGO	543.34	79.83	379.21	59.88	83.78	135.72	4.92	2.00						11.00	4.40
MANUAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
FOLIAR	0.00	0.00	0.00	1.80	1.80	0.01	0.36	1.44	0.0036	0.00	0.009	0.0000			
TOTAL	543.34	79.83	379.21	61.68	85.58	135.72	5.28	3.44	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00		
REFUERZOS AREAS POB	12.84	9.60	9.60	0.36	6.48	0.48	0.09	0.034	0.012	0.024	0.022	0.005	3.00		
TOTAL NUTRIENTES	556.18	89.43	388.81	62.04	92.06	136.20	5.37	3.47	0.0156	0.0240	0.0306	0.0048	3.00	11.00	4.40

Fuente: finca Bellamar 1, 2018.

The seal of the Academia Coahuilense de Letras y Ciencias is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red dress and white shawl, holding a book. Above her is a golden crown with a cross on top. To the left and right are golden lions rampant. Below the central figure is a landscape with green hills and a white path. The entire seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "ACADEMIA COAHUILIENSIS INTER CETERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA" in a serif font.

CAPÍTULO II: 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”, TIQUISATE, ESCUINTLA, GUATEMALA. C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

Según Fuentes (2014) el banano es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz, siendo una dieta fundamental para las personas que habitan países tropicales y subtropicales. En Guatemala constituye el tercer producto de mayor importancia en la economía nacional (INTECAP 2001), por lo cual exige altas producciones (4,000 cajas/ha/año) mediante un manejo óptimo para lograr los mejores resultados posibles, además requiere de conocimientos actualizados, sobre aspectos inherentes al crecimiento y desarrollo de la planta, especialmente en la obtención de frutos de alta calidad (sin manchas y mano sub-basal grado 44) los cuales son los que producen una rentabilidad económica, además para su manejo es importante poseer conocimientos sobre el cambio climático que acontece en la actualidad y estar predispuesto a nuevas tecnologías en la forma de producción.

La obtención de altos rendimientos está en función de una serie de factores dentro de los cuales se encuentra la aplicación de una adecuada nutrición, en función de los requerimientos del cultivo y de los aportes del suelo, siempre y cuando se mantenga un balance de elementos minerales en el suelo.

En Tabasco México, el banano enfrenta diversos problemas agronómicos propios del clima tropical, los cuales afectan la producción comercial, entre estos se destacan los desbalances de nutrientes y el drenaje deficiente del suelo (Ramírez y Rodríguez 1996). En la finca Tolimán se tiene un problema similar, donde han usado las mismas dosis durante los últimos 5 años, sin experimentar dosis más altas o bajas y no se considera el dinamismo de los elementos en el suelo. Además no se realizan aplicaciones de fertilizantes foliares y se basan los programas en fuentes nitrogenadas como el sulfato de amonio y la urea, como consecuencia de lo anterior se han producido bajos rendimientos (2,500 cajas/ha/año), resultados tan malos fueron motivación para realizar la investigación con el objetivo principal de evaluar si alguno de los tratamientos propuestos produce mejores resultados en cuanto a rendimiento por hectárea y en el desarrollo vegetativo de las plantas.

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Tiquisate, Escuintla, en un área perteneciente a plantaciones Tolimán específicamente en el sector 4 comenzando en abril y finalizando con la toma de datos en el mes de diciembre. Los resultados muestran que los mejores pesos de racimos se obtuvieron en la aplicación del programa de nutrición número 2 correspondiente a la dosis media, lo cual produce los mayores rendimientos (3,162 cajas/ha/año). En las variables que midieron el desarrollo vegetativo de las plantas no se encontró una diferencia significativa entre tratamientos.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Descripción botánica del banano

El banano es una fruta proveniente de una planta con un solo cotiledón que puede medir en un rango de 1.5 m a 6 m de altura. Su tallo por lo general es subterráneo y lo que se ve en la superficie es un falso tallo formado por peciolo de hojas curvadas y comprimidas, que tienen una disposición en espiral y del centro van emergiendo las nuevas hojas, dejando a las hojas viejas debajo de ellas (Barrios 2008).

Los racimos pueden dar de 100 a 40 frutos esto dependerá de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo que se les dé a las plantas. Cada fruto puede llegar a medir de 8 cm a 20 cm de largo y un peso de 0.028 kg a 0.113 kg. Los racimos están listos a cosecha después de 4 meses de haber emergido la flor.

El banano es una planta herbácea la cual solo produce un racimo por planta, por lo cual después de la cosecha esta debe ser eliminada, pero emergen nuevas plantas de las cuales se debe escoger una para la nueva cosecha. Donde la vida útil de un cormo está entre los 20 años (Barrios 2008).

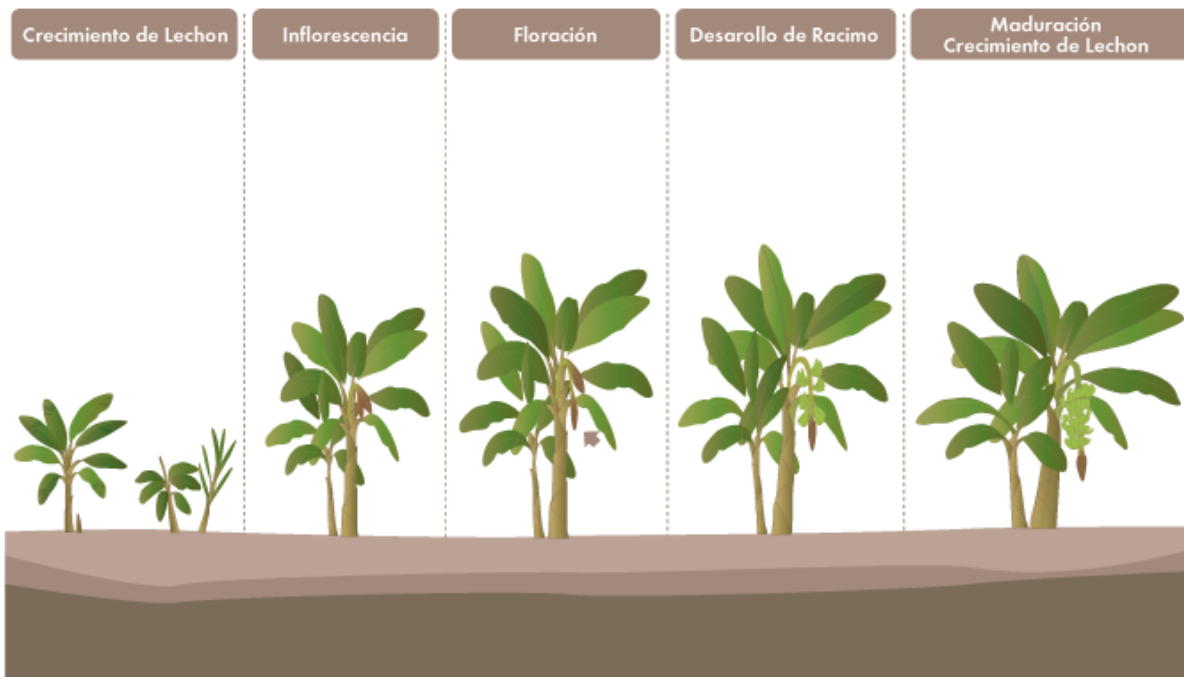
B. Taxonomía del banano

El banano y el plátano pertenecen al orden Escitaminales (6 familias), familia: Musáceas (3 subfamilias) y género: *Musa*, este género está dividido en 5 secciones, de los que la sección: *Eumusa* comprende las dos especies: *Musa acuminata* (banano) y *Musa balbisiana* (plátano) (Cardeñosa 1995). Existen dos subtipos (a) *acuminata* y (b) *balbisiana*. De ahí surgen diploides, triploides y tetraploides; AA, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB (Fagiani y Tapia 2012).

C. Ciclo fenológico

- Fase infantil

Esta etapa está comprendida desde la aparición de la yema lateral en la planta madre hasta que el hijo se vuelve independiente de la misma (figura 7), cuando esto ocurre la planta madre tiene una edad aproximada de 5 meses, aunque varía con el clima. La duración de esta fase es de 120 a 160 días y el hijo produce entre 15 a 21 hojas.



Fuente: Pantoja, 2016.

Figura 7. Ciclo fenológico del banano

La madre comienza a perder la dominancia del hijo cuando este ha desarrollado un promedio de 7.5 a 12.5 hojas angostas.

- **Fase juvenil o fase vegetativa independiente**

Es el lapso de independencia del hijo de la planta madre, el hijo una vez independiente comienza a desarrollar sus hojas de tamaño normal. Lo cual dura un periodo entre 50 a 60 días y durante el mismo el retoño emite de 3 a 6 hojas adicionales.

- **Fase reproductiva**

Esta etapa comprendida entre el inicio de la diferenciación floral y cosecha del racimo. Se determinó que la inflorescencia se forma entre los 45 a 90 días antes de que ocurra la floración. Luego de que ocurre la diferenciación floral, se inicia la formación de las diferentes flores las cuales están protegidas por estructuras denominadas brácteas, esta bellota floral comienza a ascender por efecto del crecimiento del tallo, hasta llegarse a exponer en la parte superior de la planta (Florio *et al.* 2012).

D. Requerimientos climáticos del banano

Se requiere de producciones lo más cortas posibles en temas de exportación por lo cual las temperaturas deben de ser altas y así agilizar el metabolismo de las plantas. Las temperaturas varían entre 21 °C y 30 °C donde su máximo se estima en 31.8 °C Por ser una planta tropical se adapta muy bien a alturas que van desde los 0 m a 1,000 m s.n.m. teniendo en cuenta que a mayor altura menor es la temperatura. Durante la experiencia se ha notado que las alturas ideales están entre los 0 m a 300 m s.n.m. La latitud para cultivar esta entre los 0° y 30° Norte y 16° Sur (Barrios 2008).

E. Aspectos nutricionales del banano

Las curvas de extracción de nutrientes determinan la cantidad de los mismo extraídos por una planta durante su ciclo de vida. Con lo cual es posible conocer las épocas de mayor absorción de los nutrientes por parte del cultivo y definir las aplicaciones del cultivo (Castillo

et al. 2011). En frutales la extracción de nutrientes está relacionada con la formación directa de frutos, el crecimiento de raíces y crecimiento foliar (Trocme y Gras 1979). Las extracciones son dependientes del cultivar que se esté manejando, pero en general se presentan los elementos que se requieren en las diferentes etapas de desarrollo.

En la etapa de crecimiento del cultivo son de mucha importancia elementos como el nitrógeno, magnesio, fósforo, calcio, azufre y zinc, lo cual garantiza un adecuado crecimiento del sistema radicular, evita pérdidas por aireadas mediante un buen anclaje, favorece el transporte de nutrientes del suelo a la planta y dentro de la planta y contribuye con el proceso de fotosíntesis.

Durante la reproducción son esenciales el nitrógeno, magnesio y azufre ya que desarrollan el sistema foliar que se encuentra en el interior del falso tallo. Mientras que el potasio es importante para la expansión de las células y para que exista una regulación del agua dentro de la planta (Soto 2008).

En la etapa ya de producción de racimo es de mucha importancia el potasio ya que es el nutriente que permite la movilización de los fotoasimilados con lo cual se favorece el llenado de racimo (Torres y Castillo 2013).

F. Requerimientos nutricionales del banano

En el cuadro 11, se presentan los requerimientos nutricionales del banano.

Cuadro 11. Requerimientos nutricionales del banano en kg/ha/año

Elemento	Requerimiento	Elemento	Requerimiento
Nitrógeno (N)	300 – 500	Zinc (Zn)	1 – 5
Potasio (K)	400 – 650	Boro (B)	1 – 5
Fosforo (P)	50 – 150	Cobre (Cu)	0.7 – 1
Calcio (Ca)	75 – 200	Hierro (Fe)	0.7 – 1
Magnesio (Mg)	100-150	Manganeso (Mn)	0.5 – 0.7
Azufre (S)	100-250	Molibdeno (Mo)	0.2 – 0.3
		Sodio y Cloro (Na y Cl)	0.1

Fuente: Lopez y Espinosa, 1995.

G. Fertilización del banano

Según Salvador (2014) la fertilización tradicional utiliza cantidades excesivas de nitrógeno, produciéndose pérdidas altas (hasta un 30 %) va por lixiviación y volatilización, provocando:

- Mayores aplicaciones para compensar las pérdidas.
- Nutrición deficiente lo que reduce los rendimientos.
- Incremento de costo de fertilización por hectárea debido al mayor número de aplicaciones.
- Contaminación de manto freático por altas pérdidas por lixiviación.

La producción de banano requiere altas cantidades de nutrientes donde 50 T/ha/año de fruta fresca pueden extraer del suelo aproximadamente 150 N, 60 P, 215 K, 140 Ca, 12 Mg, 5 Fe, y 1.25 B, en kg/ha/año.

El banano es un cultivo que requiere que los elementos en el suelo estén disponibles con rapidez, para lo cual se necesita realizar aplicaciones constantes de fertilizantes en dosis altas y así obtener altos rendimientos (Salvador 2014).

H. Niveles críticos de nutrientes en la hoja y en el suelo

En la figura 8, se pueden observar los niveles críticos del contenido nutricional de las hojas en tres diferentes partes de la planta, con lo cual se espera que las plantaciones en cualquier área no cuenten con concentraciones menores a esos niveles, y así obtener buenos rendimientos.

Se debe tener en cuenta que los niveles críticos tanto foliares como de suelo varían en relación a la solución extractora que se utiliza.

Nutriente	Lámina (Hoja 3)	Nervadura central (Hoja 3)	Pecíolo (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	-	-

Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

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

En América Latina en los años 80 no se tenía un diagnóstico sobre los niveles críticos en banano hasta que CORBANA a finales de los 80 e inicios de los 90 determino el nivel crítico de los diferentes nutrientes.

Además, determino una serie de niveles en el suelo los cuales categoriza a los suelos como Bajos, Medios y Altos en cuanto a fertilidad, los cuales son mostrados en la figura 9.

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

Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

Figura 9. Niveles de los elementos en el suelo

I. Diagnóstico de la fertilidad del suelo y la nutrición mineral en el cultivo de banano

a. Análisis de suelo

El análisis químico de suelo es de mucha importancia para evaluar el estado de la fertilidad del mismo, sirve como herramienta primordial en el diseño de estrategias para el manejo de los fertilizantes y enmiendas, en plantaciones de banano se recomienda realizar un análisis químico de suelo por año, para poder seguir el estado de la fertilidad a través de los años, y así determinar si se reducen, se mantienen o se incrementan los nutrientes en el suelo (Espinosa y Mite 2012).

Ya teniendo el análisis es de suma importancia poder interpretar sus resultados, para lo cual se debe saber que para realizar un análisis químico de suelos se utilizan soluciones extractoras quienes tienen la función de simular la acción de las raíces. Diferentes soluciones extractoras extraen diferente cantidad de nutrimentos y esto generalmente tiende a confundir. Por lo cual se deben calibrar dichas soluciones en campo y así obtener la que mejor se adapte en determinado suelo (Espinosa y Mite 2012).

Cuando se interpreta un análisis de suelo no solo son importantes los valores absolutos, sino que también es necesario observar las relaciones de equilibrio entre los elementos. En banano es de suma importancia mantener la relación K-Ca-Mg, presentadas en la figura 10.

Relación	Valor
Ca/Mg	3.5 - 4.0
Ca/K	17.0 - 25.0
Mg/K	8.0 - 15.0
(Ca + Mg)/K	20.0 - 30.0
100 K/(Ca + Mg + K)	3.0 - 5.0

Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

Figura 10. Relaciones K-Ca-Mg

- **Síntomas de deficiencias de elementos mayores**

- Los peciolos y pseudotallos comienzan a formar una coloración rojiza.
- Formación de mancha necrótica terminal, en hojas adultas y una coloración verde intensa.
- En hojas bajas se presenta un amarillamiento y enrollamiento.
- Quemadura marginal en las hojas jóvenes.
- En las hojas adultas amarillamiento y clorosis (Omaira 2009).

- **Síntomas de deficiencias de elementos menores**

- Se presenta una pigmentación de antocianina en el interior de la hoja bandera.
- Deformación de los frutos inducida durante la floración.
- Clorosis intervenal iniciando en la parte basal y del margen hacia el interior, expresándose en las hojas más jóvenes.
- Necrosis marginal en las hojas más jóvenes rodeado por un halo estriado clorótico que avanza en forma irregular hacia la nervadura central (Omaira 2009).

b. Análisis foliar

Para la identificación de deficiencias nutricionales en banano existen dos mecanismos, uno es la observación donde se debe tener alta experiencia para poder diagnosticar y se debe tener cuidado de no confundir deficiencias con ataque de plagas o enfermedades, y el segundo que es mediante un análisis químico de tejido vegetal.

En el diagnóstico visual es conveniente tomar en cuenta la movilidad que tienen los elementos dentro de las plantas ya que elementos como el N, P, K, y Mg, los síntomas se presentan en la hoja más vieja pues los nutrientes ya que los elementos se translocan del tejido viejo al tejido nuevo. Normalmente en banano se realizan labores de deshoje por enfermedades por lo cual no se observan deficiencias de estos elementos (Espinosa y Mite 2012).

En cuanto a los nutrimentos inmóviles, como el caso de S, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn, B y Mo se manifiestan las deficiencias en las hojas más jóvenes.

En cuanto al análisis químico es de gran utilidad para poder observar deficiencias antes de que estas se manifiesten y ya no pueda revertirse el daño, a lo que generalmente se le conoce como “hambre oculta”, por lo cual el análisis químico permite identificar deficiencias antes de que se manifiesten (Espinosa y Mite 2012).

Se han realizado muchos experimentos en el cultivo de banano para tratar de establecer los niveles críticos de cada uno de los nutrimentos. Esta información a ayudado a la toma decisiones en cuanto a los programas de nutrición de muchas de las bananeras de Latino América, así como el tipo de fertilizante a utilizar.

En Costa Rica se ha encontrado que no existe una relación clara entre los análisis de suelo, análisis foliares y el estado de las plantaciones, encontrando que las concentraciones foliares eran similares en áreas de buen crecimiento como en áreas de menor crecimiento.

Al igual que en el análisis químico de suelo se debe de hacer una interpretación tomando en cuenta la relación entre los nutrimentos, debido a que en el cultivo de banano se han demostrado que existen antagonismos y sinergismos entre elementos que afectan el rendimiento de las plantas. La relación antagónica más estudiada es K-Ca-Mg donde la elevación de un elemento reduce las concentraciones de los otros dos. En este caso se utilizan los datos foliares de 3 % a 4 % K; 0.5 % a 1 % Ca; y 0.3 % a 0.4 % Mg, (figura 11).

K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	Sum	K	Ca	Mg
----- % -----			----- miliequivalentes ¹ -----				----- relativo % -----		
Zona Este									
3.1	0.64	0.30	79.3	31.9	24.7	135.9	58.3	23.5	18.2
3.0	0.61	0.28	76.7	30.4	23.0	130.2	58.9	23.4	17.7
3.0	0.65	0.33	76.7	32.4	27.1	136.2	56.3	23.8	19.9
3.1	0.62	0.32	79.3	30.9	26.3	136.5	58.1	22.6	19.3
3.2	0.60	0.32	81.8	29.9	26.3	138.1	59.3	21.7	19.1
3.0	0.67	0.32	76.7	33.4	26.3	136.5	56.2	24.5	19.3
3.5	0.53	0.30	89.5	26.4	24.7	140.6	63.6	18.8	17.5
3.2	0.81	0.37	81.8	40.4	30.4	152.7	53.6	26.5	19.9
2.7	0.61	0.29	69.0	30.4	23.8	123.3	56.0	24.7	19.3
3.1	0.73	0.34	79.3	36.4	28.0	143.7	55.2	25.4	19.5
3.8	0.47	0.26	97.2	23.4	21.4	142.0	68.4	16.5	15.0
4.0	0.52	0.31	102.3	26.0	25.5	153.7	66.5	16.9	16.6
Zona Oeste									
3.8	0.42	0.26	97.2	21.0	21.4	139.5	69.7	15.0	15.3
4.1	0.45	0.31	104.9	22.5	25.5	152.8	68.6	14.7	16.7
3.8	0.42	0.31	97.2	21.0	25.5	143.6	67.7	14.6	17.7
4.7	0.57	0.28	120.2	28.4	23.0	171.7	70.0	16.6	13.4
4.0	0.42	0.28	102.3	21.0	23.0	146.3	69.9	14.3	15.7
4.3	0.49	0.29	110.0	24.4	23.8	158.3	69.5	15.4	15.1
4.3	0.41	0.26	110.0	20.4	21.4	151.8	72.4	13.5	14.1
4.1	0.47	0.30	104.9	23.4	24.7	153.0	68.6	15.3	16.1
¹ meq K = % K / 0.039; meq Ca = % Ca / 0.020; meq Mg = % Mg / 0.012									

Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

Figura 11. Calculo de las relaciones de equilibrio de los contenidos Ca-Mg-K en dos diferentes zonas de Costa Rica

Para que las concentraciones de los nutrimentos en los tejidos vegetales sean los adecuados participan una serie de factores:

- **Nivel del nutrimento en el suelo**

Mediante investigaciones realizadas en Costa Rica se sabe que los elementos Ca, Mg y K en el tejido foliar están determinados por el contenido de los mismos en el suelo. Por lo cual se tiene una relación directa.

- **Estado de la raíz**

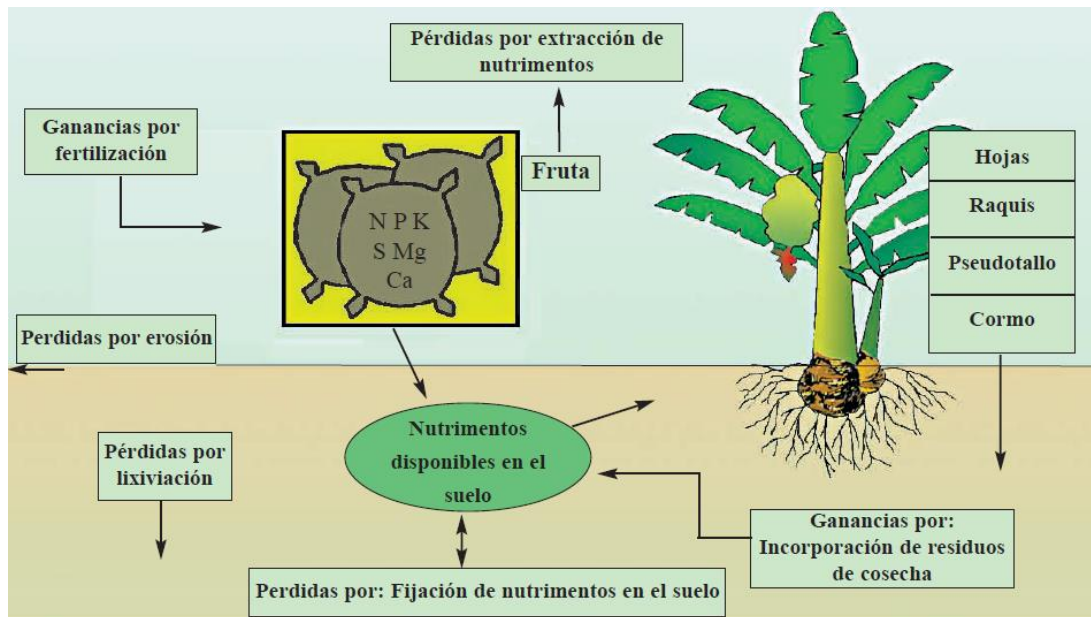
Una raíz que se encuentre en muy mal estado, la planta no puede disponer de los nutrimentos del suelo, aun cuando estos se encuentren en niveles adecuados y disponibles para las plantas. Una mala condición de la raíz se puede dar debido a diversos factores como el ataque de nematodos, plagas del suelo, mal drenaje entre otros.

- **Variedad**

Los niveles críticos de los nutrimentos pueden variar en función de la variedad que se esté trabajando, Turner y Barks citados por (Espinosa y Mite 2012) compararon las concentraciones de nutrimentos de 30 variedades de banano y encontraron diferencias al comparar variedades del grupo Cavendish. Aun los niveles críticos en una misma variedad deben de evaluarse en diferentes climas y suelos.

J. Ciclo de los nutrimentos en el cultivo de banano

En la figura 12, se presenta el ciclo que transcurren los elementos minerales, para ser asimilados por las plantas de banano.



Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

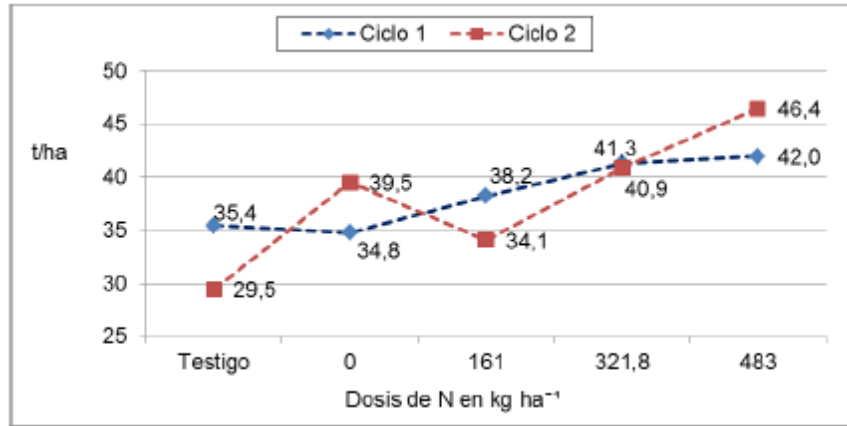
Figura 12. Ciclo de los elementos en banano

K. Antecedentes de otras investigaciones realizadas

En el 2016 se realizó una investigación en Villa Clara Cuba la cual midió el efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo de banano, midiendo las variables, días a la floración, perímetro de pseudotallo, peso de racimo y rendimiento, mediante tres experimentos con arreglo factorial.

Experimento 1: 0; 100; 200; 300 y 400 g N/planta; experimento 2: 0; 25; 50; 75 y 100 g P₂O₅/planta y experimento 3: 0; 240; 480; 720 y 960 g K₂O/planta, con y sin micorrizas. Dando como resultado que se logran crecimientos significativos sobre el crecimiento y el rendimiento con una cepa eficiente de micorrizas. Los mejores tratamientos fueron cuando se aplicaron 200, 25 y 480 g/planta de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, inoculados con micorrizas; que produjeron un acortamiento del ciclo vegetativo del cultivo, rendimientos promedios de 52 T/ha en un año y un ahorro de fertilizante de 100, 25 y 240 g/planta de N, P₂O₅ y K₂O, (Ruiz Martínez *et al.* 2016) (Soto 2008).

También durante el 2016 en Bogotá Colombia se realizó una tesis sobre la absorción, distribución y acumulación de nitrógeno en banano variedad Williams en dos ciclos de producción en la zona húmeda tropical (Bazurto 2016), (figura 13).



Fuente: Bazurto, 2016.

Figura 13. Efecto de dosis de nitrógeno sobre los componentes del rendimiento de banano Williams

se determinó que no existió una diferencia significativa en el número de manos por racimo ni en el número de dedos por racimo ni por ciclo ni entre ciclos, el comportamiento de los tratamientos mostró que las aplicaciones de nitrógeno tienen una respuesta positiva en la producción, donde la dosis 321.8 kg/ha dio la mejor respuesta en el primer ciclo y 483 kg/ha en el segundo ciclo.

Respecto a la altura de plantas donde las dosis 321.8 kg/ha y 483 kg/ha tuvieron las mayores alturas hasta la floración y cosecha, aunque en el llenado de fruta no fue clara su respuesta, mientras que en el segundo ciclo no hubo una tendencia definida, aunque estas mismas dosis presentaron las mayores alturas de plantas. Al analizar componentes de producción como el número de manos y dedos por racimo determino que no existieron diferencias significativas entre tratamientos ni entre ciclos, aunque el autor hace referencia que existe una dependencia madre hijo durante el primer ciclo que puede hacer que las variables en el primer ciclo no muestren diferencias entre tratamientos.

Se han realizado evaluaciones donde se evalúa el método de aplicación y dos fuentes comerciales de nitrógeno aplicados al cultivo de banano en la costa Atlántica de Morales Izabal Guatemala, como la realizada por Saguil (1997), se encontró que si existió una diferencia significativa entre los tratamientos los cuales eran: A: Urea + nitromax, B: Urea por riego, C: Nitrato de Calcio y D: Urea manual, por lo cual se aplicó una prueba de tukey donde se determinó que el tratamiento B y C ambos aplicados vía riego mostraron un aumento en el número de manos por racimo.

En un estudio realizado en Ecuador donde se evaluaban niveles de N, P, K y Mg utilizando una fuente de liberación controlada no se presentaron diferencias significativas en las variables circunferencia de tallo a un metro de altura, peso de racimo y número de manos por racimo (Salvador 2014).

En Ecuador en la década de los 80 se realizó un ensayo que tuvo una durabilidad de aproximadamente de 5 años donde se aplicaron diversos tratamientos basados en diferentes niveles de N, P₂O₅ y K₂O, evaluando la producción que estos niveles podrían producir en dos diferentes localidades, dando como resultado que en la zona sur del país el tratamiento que presento los mejores resultados con un rendimiento de 1,818.18 cajas/ha/año de fruta fue el tratamiento 170 N, 102 P Y 382.5 K kg/ha, los mejores resultados se obtuvieron en tratamientos con altas concentraciones de potasio y se observó que altos niveles de fosforo disminuían las producciones. En la zona oriental los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos donde los niveles de nitrógeno eran altos obteniendo hasta 1,764.70 cajas/ha/año (Mestanza y Arreaga 1982).

2.2.2 Marco referencial

A. Descripción general del área de estudio

a. Clima

Por lo general el clima de Tiquisate es cálido, aunque en las noches la temperatura como normalmente se espera desciende, en las zonas cercanas al mar las temperaturas promedio

son de 23 °C a 35 °C que es el área donde se encuentra la finca Tolimán (Paredes *et al.* 2013).

La precipitación pluvial oscila entre 1,500 mm a 3,200 mm por año abarcando la temporada normal de lluvias desde mayo a noviembre, destacando como los meses más lluviosos junio, agosto y septiembre. En el mes de febrero se registran lluvias ocasionales las cuales pueden disminuir un poco la temperatura (Paredes *et al.* 2013).

“La humedad relativa es del 79 %, la velocidad media del viento es de 2.1 km/h y con orientación hacia el sur” (Ciudades.co 2012).

b. Colindancias

En cuanto a la ubicación Tiquisate está a 144 km de la ciudad capital y Tolimán está a 170 km, con carreteras asfaltadas hasta su cabecera municipal y hasta la finca se encuentra en condiciones de terracería. El municipio colinda al Norte con Patulul y Rio Bravo, Suchitepéquez, al Este con Nueva Concepción; al Sur con el océano Pacífico: al Oeste con Rio Bravo, Santo Domingo y Mazatenango, Suchitepéquez. El municipio cuenta con una altitud media de 70 m s.n.m.

c. Ecología

Según De la Cruz (1982) citado por Góngora (1999), la región de ubica en la zona de vida denominada Bosque Húmedo Subtropical (Cálido). Se sabe que la vegetación antes de estar establecidas las plantaciones consistieron en selvas tropicales alternando con claros y pantanos (Góngora 1999).

d. Suelos

Según la clasificación realizada por Simmons citado por Góngora (1999) la región de Tiquisate se encuentra dentro de las series Tiquisate y Bucul. Con suelos profundos, desarrollados sobre depósitos marinos aluviales de color oscuro. Los suelos son característicos por ser planos uniformes. Son caracterizados por poseer buenos drenajes con textura franca en su mayoría.

Según la clasificación de suelos de la República de Guatemala, los suelos dentro de Tiquisate están divididos en cuatro categorías: Bucul (Bu), Tiquisate franco (Ts), Tiquisate Franco (Ts), Tiquisate Franco arenoso fino (Ti) y Cutzán (Cz) (Tobías y Lira 2000), se puede observar en el cuadro 12.

La finca Tolimán se encuentra ubicada sobre suelos del orden molisol (oll), que son suelos minerales con un horizonte superficial muy oscuro, colorado y rico en bases. La vegetación clásica que se encuentra en estos suelos son plantas herbáceas perennes y se desarrollan en una gran variedad de climas, donde la precipitación oscila entre los 200 mm y los 800 mm anuales (Ibañez *et al.* 2012).

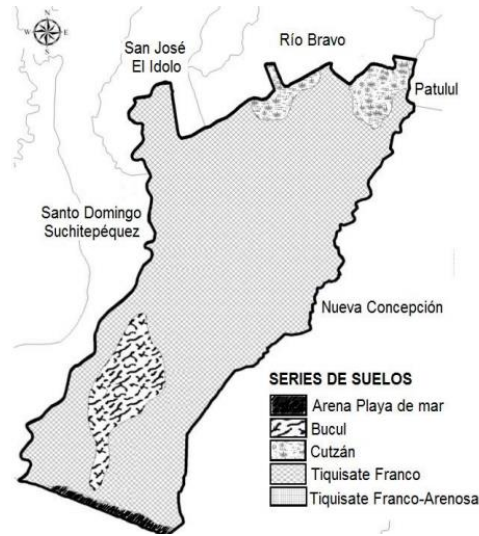
Estos suelos se caracterizan por poseer altas concentraciones de bases (mayor al 50 %), son suelos con alto potencial de producción agrícola ya que cuentan con alto contenido nutricional. Es común encontrarlos en relieves planos o casi planos lo cual favorece las labores de mecanización y labores de manejo del cultivo (Tobías y Lira 2000).

Cuadro 12. Clasificación de los tipos de suelo que existen en el municipio de Tiquisate, Escuintla

Serie	Material madre	Relieve	Drenaje interno	Color	Textura y consistencia	Espesor
Tiquisate franco (Ts) y Tiquisate franco arenoso Fino (Ti)	Ceniza de aluvión vol. de color oscuro	Casi plano	Moderado	Café	Franco arenoso fina a franca; suelta	40-50 cm
Bucul (Bu)	Ceniza volcánica de color oscuro	Casi plano (depresional)	Muy despacio	Gris muy oscuro	Franco arcilloso; moderada friable	40-60 cm
Cutzán (Cz)	Ceniza volcánica cementada de color claro	Fuertemente ondulado a inclinado	Bueno	Café oscuro	Franco arenoso fino; suelta a friable	10-20 cm

Fuente: Paredes *et al.*, 2013.

El suelo superficial en promedio tiene una profundidad de 40 cm. Con un porcentaje de materia orgánica que oscila de 5 % a 10 %. Constan de una estructura de suelo granular lo cual facilita el drenaje y con Ph de 7 en promedio (Góngora 1999), (figura 14).



Fuente: Paredes *et al.*, 2013.

Figura 14. Serie de suelos municipio de Tiquisate, Escuintla

En la actualidad la mayoría de los suelos del municipio son ocupados por plantaciones de Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), Banano (*Musa sapientum* L.), Palma Africana (*Elaeis guineensis*) y Plátano (*Musa paradisiaca*) principalmente. Son suelos en su mayoría fértiles, con alto potencial de cultivos tropicales con la observación que debe mantenerse su fertilidad añadiendo materia orgánica o fertilizantes químicos, (cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de suelo de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

		P h	mg/kg	Cmol(c)/kg			mg/kg	Cmol(c)/kg	miligramos/kilogramo (mg/kg)					%
			Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azúfre	A.l.	Cobre	Hierro	Manganeso	Cinc	Boro	Materia Orgánica
No. Lab	Identificación	5.5- 6.5	30-75	0.18 - 0.38	5- 10	0.82 - 2.05	10-100	0.3-1.5	1-10	40- 250	10- 250	2- 25	1- 5	3-6
		6.27	21.69	0.62	7.06	2.73	20.75	0.04	25.62	184. 25	22.5 8	2. 62	0. 23	2.28

Fuente: Laboratorio Analab.

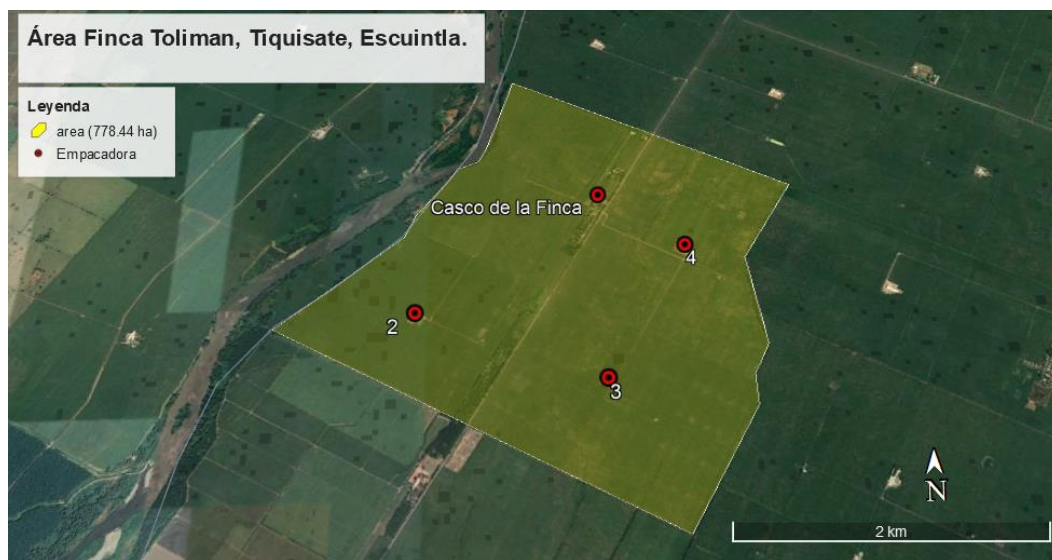
B. Descripción de términos.

Motor se le llama al área que abarca un solo sistema de riego que en este caso es de 53 ha a 54 ha. Cada motor está compuesto por una serie de cables que en este caso se usara el cable 9 de la finca 4, cable se le llama a donde se transporta la cosecha y este divide el área en dos partes a lo largo, donde de cada lado se cuenta con una costilla que en unión forman lo que se llama una gaveta, cada costilla mide 500 m² lo cual por gaveta se tienen 1000 m². Cada cable consta de 3 válvulas de riego los cuales dividen el área también.

La finca tiene una clasificación de suelo, donde el suelo pobre, se caracteriza por poseer bajos rendimientos (2,400 cajas/ha/año a 2,500 cajas/ha/año), con textura arenosa, alto drenaje, baja retención de humedad y nutrientes. Y será en esta área donde se llevará a cabo la investigación.

C. Ubicación geográfica de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

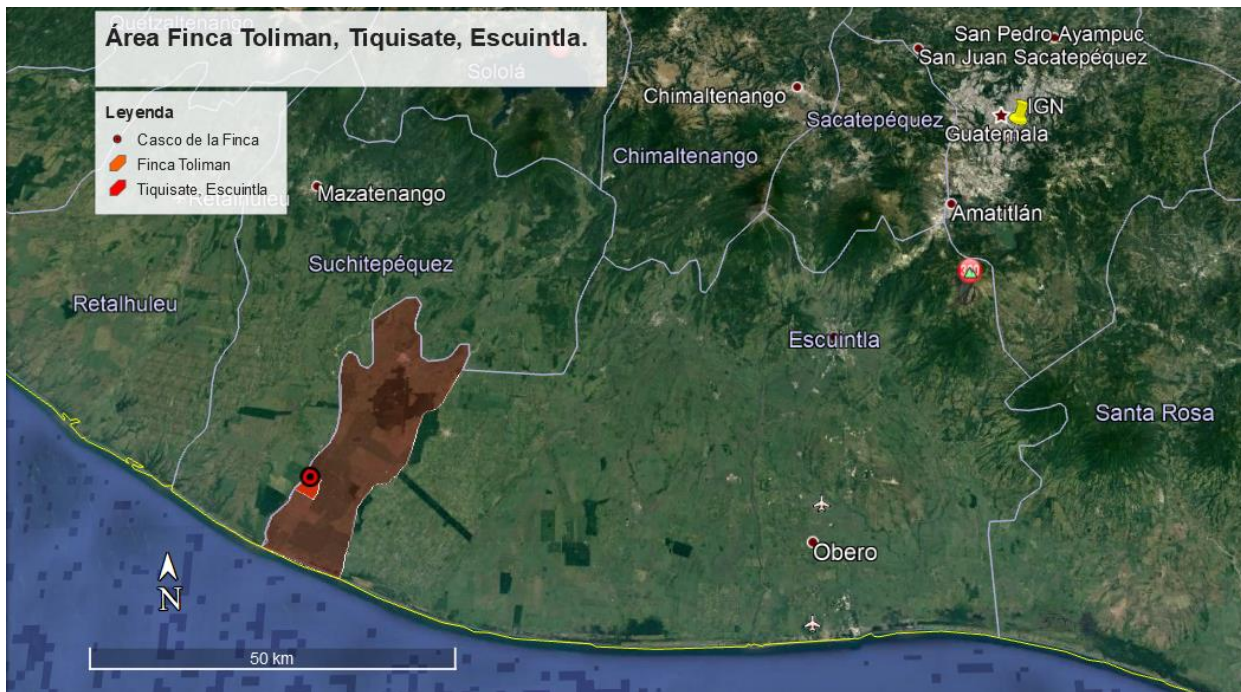
La finca se encuentra a una Latitud, 14° 7'39.07" N y una Longitud, 91°28'45.49"O a 55 km de la cabecera municipal de Tiquisate, Escuintla, (figura 15).



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Figura 15. Mapa de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

En la figura 16, se puede observar la ubicación geográfica de la finca Tolimán y del municipio de Tiquisate, dentro del departamento de Escuintla.



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 16. Ubicación geográfica de finca Tolimán y Tiquisate, Escuintla

2.3 OBJETIVOS

2.2.2 Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro niveles de un programa de nutrición en Banano (*Musa sapientum* L.), mediante el desarrollo y rendimiento de plantas, en un suelo molisol, en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.

2.2.3 Objetivos específicos

1. Determinar cuál de los programas de nutrición produce los mayores rendimientos (cajas/ha/año).
2. Evaluar el desarrollo vegetativo del hijo en sucesión, en respuesta a la aplicación de los programas de nutrición.
3. Realizar un análisis comparativo entre el inicio y el final del estado nutricional de las plantas de banano, en respuesta a las aplicaciones de los tratamientos.
4. Realizar un análisis económico a través de costos parciales calculando la relación beneficio-costos.

2.3 METODOLOGÍA

2.3.1 Características del material experimental

Las plantas de banano evaluadas eran de la variedad Gran enano, que es un clon triploide resultado de una cruce entre *Musa acuminata* (AA) y *Musa balbisiana* (BB), esta posee una altura promedio de 2 m, sus hojas son anchas y poco largas sus racimos presentan una forma troncocónica con manos cercanas y dedos curvados (SEPHU 2009). La variedad Gran enano es la más utilizada en el área del Pacífico, presenta una considerable acumulación de la materia seca en la etapa vegetativa lo que la convierte en un material precoz en cuanto a producción (Martínez y Cayón 2011).

Las plantas fueron sembradas por costillas formando gavetas, cada costilla consta de 4 surcos los cuales cumplen con una densidad de 85 plantas/costilla, para completar 1,700 plantas/ha ya que cada costilla consta de un área de 500 m². Las plantaciones estuvieron constantemente susceptibles a manejo del cultivo y aplicaciones contra plagas y enfermedades.

Los fertilizantes que se utilizaron fueron YaraMila Hydran, YaraVera Amidas, Sulfato de Potasio, YaraLiva Nitrobor, YaraVita Zintrac y YaraVita Bortrac dicha composición es presentada en el cuadro 14.

Cuadro 14. Composición de fertilizantes utilizados en los programas evaluados en el cultivo de banano en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Fertilizantes	Elementos (%)							
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	B	Zn
YaraVita Bortrac	6.5						15	
YaraVita Zintrac	1.8							70
YaraMila Hydran	19	4	19	0	3	1.9	0.1	0.1
YaraVera Amidas	40	0				5.6		
YaraLiva Nitabor	15.4			25.6			0.3	
Sulfato de Potasio			50			18		

Fuente: elaboración propia, 2018.

Para la determinación de las necesidades de los nutrientes, se utilizaron los requerimientos nutricionales del banano donde se hicieron ajustes, debido a la composición de los fertilizantes a utilizar. Y se aplicaron dosis completas con el concepto de la reposición de los nutrientes que son tomados por las plantas y también basándose en la experiencia de los productores.

2.3.2 Tratamientos

Los requerimientos presentados en el cuadro 11, fueron determinados en Costa Rica mediante ensayos en diferentes suelos y condiciones climáticas que se asemejan a las condiciones de la finca Tolimán, Tiquisate Escuintla. Los tratamientos no se basaron en el análisis de suelo que se obtuvo al inicio del ensayo, ya que se decidió aplicar el total de los requerimientos del cultivo, pensando que al realizar las aplicaciones existen pérdidas de fertilizante por, lixiviación, retención, volatilización, entre otros, que disminuyen la cantidad de fertilizantes que las plantas absorben.

Del tratamiento número 2 (dosis media) fueron creados los tratamientos número 1 (dosis baja) y 3 (dosis alta), reduciendo y aumentando el tratamiento 2 en un 25 % cada uno

respectivamente. En cuanto al tratamiento testigo este fue creado por la administración de la finca y únicamente se transcribió la información.

Los tratamientos aplicados durante la realización del ensayo de banano, finca Tolimán Tiquisate, Escuintla, son los descritos en los cuadros del 15 al 20.

Cuadro 15. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de banano en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Tratamiento No.	Descripción
1	Programa de nutrición nivel bajo
2	Programa de nutrición nivel medio
3	Programa de nutrición nivel alto
4	Testigo

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 16. Programa de nutrición dosis baja, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Fertilizante	kg/ha*año							
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	B	Zn
YaraMila Hydran	224.81	47.33	224.81	0.00	35.50	22.48	1.18	1.18
YaraVera Amidas	97.92	0.00	0.00	0.00	0.00	13.71	0.00	0.00
Sulfato de Potasio	0.00	0.00	173.40	0.00	0.00	62.42	0.00	0.00
YaraLiva Nitabor	40.84	0.00	0.00	67.89	0.00	0.00	0.80	0.00
YaraVita Bortrac	0.40						0.90	
YaraVita Zintrac	0.11							4.20
Total kg/ha/año	342.22	44.68	372.86	62.67	33.51	91.91	2.75	5.32

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 17. Programa de nutrición dosis media, en el cultivo de banano, finca Tolimán,
Tiquisate, Escuintla

Fertilizante	kg/ha*año							
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	B	Zn
YaraMila Hydran	281.01	59.16	281.01	0	44.37	28.10	1.48	1.48
YaraVera Amidas	122.4	0	0	0	0	17.13	0	0
Sulfato de Potasio	0	0	216.75	0	0	78.03	0	0
YaraLiva Nitrabor	51.05	0	0	84.86	0	0	0.99	0
YaraVita Bortrac	0.4						0.9	
YaraVita Zintrac	0.11							4.2
Total kg/ha/año	454.97	59.16	497.76	84.86	44.37	123.27	3.37	5.68

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 18. Programa de nutrición dosis alta, en el cultivo de banano, finca Tolimán,
Tiquisate, Escuintla

Fertilizante	kg/ha*año							
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	B	Zn
YaraMila Hydran	351.26	73.95	351.26	0.00	55.46	35.13	1.85	1.85
YaraVera Amidas	153.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.42	0.00	0.00
Sulfato de Potasio	0.00	0.00	270.94	0.00	0.00	97.54	0.00	0.00
YaraLiva Nitrabor	63.81	0.00	0.00	106.08	0.00	0.00	1.24	0.00
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: elaboración Propia, 2018.

Cuadro 19. Programa de nutrición testigo, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Fertilizante	kg/ha*año							
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	B	Zn
DAP	118.97	304.04	0	0	0	0	0	0
Sulfato de Amonio Estándar	188.5					215.47	0	0
0 – 0 – 62			507					
Nitrato de Amonio	281							
Total kg/ha/año	588.87	304.04	507	0	0	215.47	0	0

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 20. Aportes nutricionales por tratamiento, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Nivel Nutriente	Bajo	Medio	Alto	Testigo relativo
Nitrógeno	342.22	455.1	568.87	588.87
Fosforo	44.67	59.16	73.95	304.04
Potasio	372.86	497.76	622.2	507
Calcio	62.66	84.86	106.08	0
Magnesio	33.50	44.37	55.46	0
Azufre	91.90	123.27	154.08	215.47
Boro	2.75	3.37	3.99	0
Zinc	5.31	5.68	6.05	0

Fuente: elaboración propia, 2018.

2.3.3 Descripción de los tratamientos

A. Fertilización nivel bajo, medio y alto

Se procedió a realizar una fertilización manual al voleo, donde se llevó a cabo un tipo plateo en medio luna alrededor de la planta, buscando siempre el hijo en sucesión. Se hicieron las aplicaciones foliares mediante motobombas dirigido a las hojas con dosis de 0.5 lt/ha/mes de Zintrac Y Bortrac. Las dosis aplicadas con fertilizante granulado para cumplir con los tratamientos se muestran en los cuadros 16,17,18 y 19. Las aplicaciones se realizaron cada cuatro semanas durante siete meses lo cual duró el tiempo a cosecha.

B. Testigo relativo

En este tratamiento se realizaron las aplicaciones normales de la finca que básicamente están basadas en un programa de aplicaciones mensuales con las dosis presentadas en el cuadro 19.

2.3.4 Diseño experimental

Los tratamientos evaluados se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones.

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

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

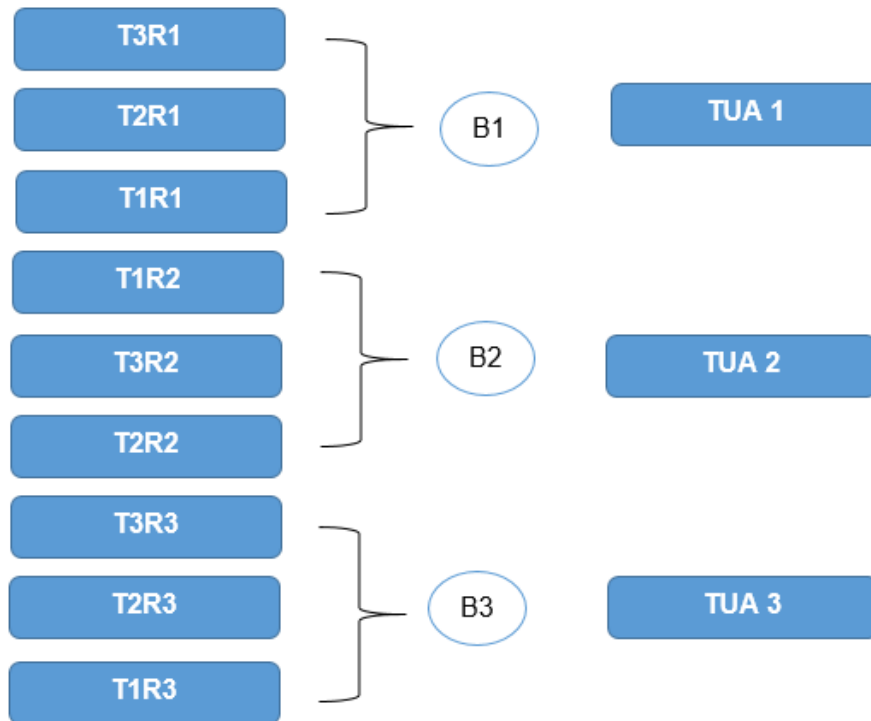
ε_{ij} = Error experimental asociado a la ij-esima unidad experimental.

2.3.5 Descripción de la unidad experimental

El experimento se llevó a cabo en 12 costillas, donde 9 corresponden a los tres niveles propuestos, y las otras tres al testigo relativo. Cada costilla consta de un área de 500 m² y una densidad de 85 plantas/costilla dispuestas en cuatro surcos separados entre sí a una distancia de 2.5 m y 2 m entre plantas aproximadamente.

2.3.6 Croquis de campo

En la figura 17, se presenta el croquis de campo que fue utilizado para la distribución de los tratamientos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 17. Croquis de campo para la distribución de los tratamientos

Donde:

T= tratamiento, R= repetición, B= bloque y TUA= testigo.

2.3.7 Manejo agronómico del experimento

A. Siembra

Antes de realizar la siembra se realizó un chapeo manual y aplicación de herbicidas como Glifosato o Paraquat con la intención de eliminar malezas. Luego se transportaron los hijos seleccionados, que fueron hijos de espada o pseudotallos con parte de cormo, al área de siembra y se realizó la siembra con un distanciamiento de 2.5 m * 2 m.

B. Riego

Existen dos métodos de riego en la finca Tolimán, microaspersión y miniaspersión, en el área del ensayo se utilizó microaspersión aplicando una lámina de 5 mm/día.

C. Desmane

Esta labor se realizó con la intención de eliminar las manos que no dan el potencial deseado para ser categoría exportación, donde el criterio fue eliminar 2 o 3 manos a partir de la mano falsa, asegurando que las manos que quedaron dieran el grado deseado por los mercados demandantes.

D. Deshoje

Con el fin de evitar la diseminación de patógenos e insectos plagas se realizó la labor de eliminar aquellas hojas que estaban muy dañadas por el ataque de Sigatoka o por ataque de araña roja, si el daño era menos del 50 %, únicamente se eliminó la parte dañada. También se eliminaron hojas que estaban dobladas, hojas que topaban en el cable vía, hojas que molestaban el crecimiento del racimo entre otras. Siempre con el cuidado de no dejar a la planta con menos de 8 hojas ya que reduciría su capacidad fotosintética.

E. Deshije

Ya que la planta madre tiende a producir varias yemas vegetativas desde su cormo, fue necesario únicamente dejar la que produciría el hijo en sucesión, ya que la planta produjo hijos de agua e hijos de espada como normalmente se le conoce, únicamente fueron de interés los hijos de espada. El hijo a dejar se escogió por, ser hijo de espada y su ubicación en el espacio, ya que se buscó mantener los surcos y que no existiera una competencia por luz, suelo o agua entre plantas.

F. Control de malezas

Se realizaron ciclos de aplicación de herbicida, utilizando comúnmente el Roundup, el cual tiene como ingrediente activo el glifosato, con aplicaciones mediante bombas de mochila manuales, realizando aplicaciones sobre la mesa del cultivo y en los drenes que dividían las mesas.

G. Control de plagas y enfermedades

Comenzó mediante el muestreo en campo, tanto de la pisca que produce la Sigatoka como el daño por araña roja, cuando los niveles encontrados estaban por encima de los permisibles, se realizaron aplicaciones de fungicidas basados en triasoles y en estribirulinas para los hongos y para araña roja productos basados en ajo normalmente, mediante aplicaciones aéreas como con bombas de mochila motorizadas. Aunque siempre se efectuaron aplicaciones con fines de prevención, haciendo uso de productos protectantes como los Mancozeb.

2.3.8 Variables respuesta

A. Rendimiento por hectárea

Se midió el rendimiento por Hectárea producida en los tratamientos evaluados en cajas de 18.7 kg.

B. Peso de racimo

Haciendo uso de una pesa (lb) con capacidad de 90.7 kg de marca Tecnipesa, se midió el peso de cada racimo cosechado en cada tratamiento y en cada repetición, al momento de la cosecha para que no hubiera confusiones de los racimos en la empacadora donde normalmente se realizan los perfiles de racimo.

C. Número de manos por racimo

Al momento de la cosecha se anotó el número de manos viables por racimo que se fue obteniendo de cada repetición y cada tratamiento.

D. Número de dedos de mano apical

Al momento de la cosecha se anotó el número de dedos de la mano apical del racimo cosechado.

E. Circunferencia de tallo de madre

Haciendo uso de la cinta métrica se midió la circunferencia del tallo a 40 cm de altura, al momento de parición, donde se tomó una muestra de 4 plantas/repetición de cada tratamiento haciendo un total de 12 plantas/tratamiento, 48 plantas/ensayo, las cuales fueron marcadas con tinta permanente, para darle el seguimiento y no confundirlas.

F. Circunferencia de tallo de hijo

Cada 15 días se midió la circunferencia del hijo en sucesión de las plantas marcadas, hasta el momento de parición del mismo.

G. Altura del hijo en sucesión

De las 48 plantas madres marcadas al momento de parición, se midió la altura del hijo, que va desde el suelo a la "V" formada por las hojas, realizando esta actividad cada 15 días después de la primera medición.

H. Contenido nutricional en tejido foliar

Para observar si existió alguna variación en la concentración de los nutrientes en el tejido vegetal, se realizó un análisis de tejido vegetal tomando como referencia la hoja número 3 de plantas que recientemente tuvieron una emergencia floral, a un inicio y al final del ensayo.

2.3.9 Análisis de la información

A. Análisis de varianza

A todas las variables respuesta 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 al 5 %.

B. Análisis Económico

Este análisis se basó en costos parciales, haciendo referencia a costos de fertilizantes y mano de obra, ya que los demás costos permanecen constantes entre tratamientos, donde ya teniendo los costos parciales, se obtuvieron los beneficios que produjo cada tratamiento

mediante las cajas exportables, y se obtuvo la relación beneficio-costos, haciendo uso de la fórmula siguiente:

$$\text{Relacion B/C} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo Parcial}}$$

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Realizada la fase de campo durante los últimos ocho meses se obtuvieron los resultados de las variables que se muestran a continuación, los cuales fueron tabulados y analizados en fase de gabinete y discutidos en base a la experiencia adquirida, experiencias de personas involucradas y literatura consultada.

2.4.1 Variable rendimiento por hectárea

Se elaboraron perfiles de racimos de las dos últimas semanas con lo cual se obtuvo el factor promedio, el factor promedio resulta de la división entre el peso total de fruta de exportación y el peso de una caja (18.7 kg), este factor se multiplica por la densidad promedio de plantas por hectárea y por el retorno de hijo por año de la finca (factor*densidad*retorno), (cuadro 21).

Cuadro 21. Variable cajas producidas por hectárea al año, en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Tratamiento	Factor	Cajas/ha
D1 (Baja)	1.01	2575.5
D2 (Media)	1.24	3162
D3 (Alta)	1.1	2805
Testigo	0.98	2499

Como se puede observar el tratamiento testigo fue el que dio el menor resultado en cuanto a cajas por hectárea al año, existen factores como, el daño por plagas, el daño por deficiencias, el daño por cosecha, malformaciones entre otros, que disminuyen la cantidad de fruta con la calidad de exportación, por lo cual vemos una disminución en el factor y afecta directamente con el número de cajas exportables por hectárea por año.

La Dosis que obtuvo los mayores factores a la hora de perfilar los racimos fue el programa de nutrición número 2, ya que la densidad de población se usó una constante de 1,700 plantas y un retorno de 1.5 para todos los tratamientos.

Uno de los tratamientos propuestos (tratamiento 2) dio una diferencia significativa en el rendimiento, como respuesta a las aplicaciones ya que es un suelo de textura arenosa y baja disponibilidad de nutrientes, además en los tratamientos propuestos se utilizaron mezclas químicas y no físicas como es el caso del testigo, dosis más balanceadas, con mayor número de nutrientes, a diferencia del testigo basado en aplicaciones poco balanceadas, utilizando fertilizantes creados mediante mezclas físicas y programas realizados a base de experiencias.

En la aplicación de nitrógeno mediante YaraVera Amidas se tenía un valor agregado que es el revestimiento del nitrógeno total por una capa de Azufre que evita la rápida volatilización del nitrógeno haciendo que este sea más aprovechable por las plantas, además YaraMila Hydran aplica nitrógeno mediante dos fuentes una que es el nitrógeno amoniacal (NH_4) y otro el nitrógeno nítrico (NO_3) en una proporción 1:1, donde el NO_3 es mucho más asimilable para las plantas.

A diferencia del tratamiento testigo que aplica también nitrógeno en combinación con azufre (Sulfato de Amonio), pero el nitrógeno es de fuente amoniacal (NH_4) el cual se pierde por volatilización y el azufre no figura como un recubrimiento de los granos lo cual hace que este se precipite al fondo del saco y las aplicaciones no sean uniformes, el DAP también contribuye con las aplicaciones de nitrógeno amoniacal que se pierde por volatilización y es menor su aprovechamiento por las plantas.

Con el uso de YaraMila Hydran y YaraLiva Nitabor se realizan aplicaciones de MgO, CaO, S, B y Zn estos dos últimos aplicados vía foliar mediante YaraVita Zintrac y Bortrac, los cuales contribuyen a que los tratamientos propuestos presenten mejores factores que el tratamiento testigo.

Si tomamos el rendimiento mayor menos el rendimiento menor obtenemos una diferencia de 663 cajas/ha/año lo que hace un equivalente a 483.44 contenedores más al año por las 700 ha que tiene la finca en su totalidad. Esta es una cantidad significativa de ingresos que se mostrara en el análisis económico.

Ruiz *et al.* (2016) en su evaluación sobre niveles de nitrógeno simple y en asocio con micorrizas encontró que los mejores tratamientos fueron cuando se aplicaron 340 kg/ha/año, 42.5 kg/ha/año y 816 kg/ha/año de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, usando una densidad de 1,700 plantas/ha, inoculados con micorrizas; que produjeron un acortamiento del ciclo vegetativo del cultivo en 35 días y rendimientos promedios de 2,780 cajas/ha/año. En este ensayo se utilizaron 455, 59 y 498 kg/ha/año de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, en el tratamiento 2, aunque no se aplicaron micorrizas, pero igual hubo un efecto favorable sobre el rendimiento.

Bazurto (2016) también realiza un análisis de rendimientos en su evaluación de la absorción, distribución y acumulación en banano, indicando que las producciones muestran un incremento cuando son provistas de nitrógeno y se nota una disminución cuando este elemento no es aplicado, obtuvo rendimientos de 1,956 cajas/ha/año en el primer ciclo de producción y 2,200 cajas/ha/año en el segundo ciclo, con dosis 321.8 kg/ha y 483 kg/ha de nitrógeno respectivamente. Con 454.97 kg/ha/año de nitrógeno el programa de nutrición 2 también produjo los mejores resultados con 3,162 cajas/ha/año, por lo cual esa dosis más otros elementos si puede incrementar las producciones.

Mestanza y Arreaga (1982) en Ecuador obtuvo rendimientos de 1,818.18 cajas/ha/año con el tratamiento 170, 102 y 382.5 kg/ha de N, P₂O₅ Y K₂O respectivamente, obtuvo muy

buenos resultados a nivel de su país. Lo cual afirma que, haciendo uso de programas de nutrición bien balanceados como el tratamiento 2 se obtienen buenos resultados.

2.5.2 Variable peso de racimo

Luego de la recolección de datos en campo mediante una pesa y una palanca para obtener los pesos de racimos, se presentan los promedios de cada uno de los tratamientos y de las repeticiones correspondientes (cuadro 22).

Cuadro 22. Variable peso de racimo (kg), en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Peso de racimo				
Tratamiento	R1	R2	R3	Media
D1	30.87	30.76	29.81	30.48
D2	32.57	34.66	33.03	33.42
D3	31.55	32.23	32.35	32.04
Testigo	28.60	30.24	30.69	29.84

En el cuadro 23, se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado a los pesos de racimo obtenidos.

Cuadro 23. Análisis de varianza de la variable peso de racimo

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso	12	0.88	0.78	2.45

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	25.58	5	5.12	8.60	0.0104
Dosis	23.27	3	7.76	13.04	0.0049
Repetición	2.31	2	1.16	1.95	0.2232
Error	3.57	6	0.59		
Total	29.15	11			

Con un nivel de significancia del 5 % se rechaza la H_0 la cual dice que todos los tratamientos producen el mismo efecto sobre el peso de racimos en plantas de banano. Con lo cual, si existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo cual se aplicó una prueba de Tukey (cuadro 24), para conocer cuál de los tratamientos es el que nos produce los mejores resultados. Además, se puede observar que el coeficiente de variación es lo suficientemente bajo para decir que el ensayo tuvo un buen manejo.

Cuadro 24. Prueba de Tukey de la variable peso de racimo

Dosis	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey		
D2	33.42	3	0.45	A		
D3	32.04	3	0.45	A	B	
D1	30.48	3	0.45		B	C
T	29.84	3	0.45			C

Como se puede observar en los grupos Tukey el tratamiento que presenta los mejores pesos en racimos es el correspondiente al programa de nutrición número 2, ya que se encuentra solo dentro del grupo A, mientras que D3 puede arrojar resultados parecidos a D1 y D1al testigo. Por lo cual el tratamiento D2 que corresponde al programa de nutrición con la Dosis media es el que se recomienda utilizar para aumentar el peso de racimo, incrementar el potencial y el factor del mismo con lo cual habrá un incremento en cajas exportables.

Aunque el tratamiento 3 se le aplicaron mayores cantidades de fertilizantes este no produjo los mayores pesos de racimo, aplicándose la ley de los rendimientos decrecientes, esta dice que hay un punto en el cual se pueden hacer grandes aplicaciones de fertilizantes que la cosecha disminuirá en lugar de aumentar, ya que las plantas ya no son capaces de asimilar los nutrientes y se producen desbalances minerales en el suelo. Mientras que al tratamiento 1 no le fueron aplicados los suficientes nutrientes que se necesitaban para producir el máximo potencial en peso del racimo. Por lo cual el tratamiento 2 proporciona a las plantas las mejores dosis de nutrientes que estas necesitan de una forma mejor balanceada y no en exceso para poder producir los mayores pesos de racimos.

Saguil (1997) en su investigación evaluando fuentes de nitrógeno, encontró que, si existieron diferencias significativas entre tratamientos, dándole como mejor resultado que la aplicación por riego de Urea y Nitrato de Calcio produce un mayor peso de racimo con una media de 31 kg/racimo lo cual se asemeja 32.42 kg/racimo que presento el tratamiento 2.

Ruiz (2016) en su evaluación de Nitrógeno, Fosforo y Potasio obtuvo buenos resultados con 680 kg/ha/año, 42.5 kg/ha/año y 1,224 kg/ha/año de nitrógeno, fosforo y potasio más micorrizas respectivamente. Obteniendo pesos promedio de 18 kg/racimo un valor que si lo comparamos con el obtenido 32.42 kg es sumamente bajo, pero se debe tener en cuenta el tipo de suelo, clima y manejo del cultivo, esta investigación respalda que un programa bien balanceado produce los mejores resultados donde relaciones antagónicas como K-Ca y Mg no afecten en la producción.

Por otro lado, Salvador (2014) en su estudio sobre niveles de fertilización de N, P, K y Mg con una fuente de liberación controlado, no encontró diferencias significativas para la variable peso de racimo dentro de sus resultados.

Al final la variable peso de racimo es quien marca la diferencia en el rendimiento ya que pueden existir racimos con pocas manos o dedos en mano, pero si la fruta tiene un buen peso (32 kg a 33 kg), su factor aumenta y se obtendrá mayor número de cajas exportables,

aunque el manejo es un componente muy importante en el peso del racimo ya que plantas que no padezcan estrés hídrico, ataque de plagas o enfermedades, tengan una buena densidad de siembra, sean suplidas de nutrimentos, buenas condiciones de suelo entre otros, darán como resultado un buen peso en el racimo.

2.5.3 Variables evaluadas sin diferencia significativa entre tratamientos

Con el fin de simplificar la información se resume en el cuadro 25, los resultados obtenidos del análisis de varianza de las variables medidas que no presentaron una diferencia significativa entre tratamientos.

En donde con un nivel de significancia del 5 % se acepta la H_0 , la cual dice que todos los tratamientos producen el mismo efecto sobre las variables respuesta, además los coeficientes de variación son lo suficientemente bajos para decir que el ensayo tuvo un buen manejo y no intervinieron factores externos a los modificados.

Cuadro 25. Resumen de análisis de varianza de las variables que no tuvieron una diferencia significativa en el cultivo de banano, finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Variable	CV	P-valor de dosis
Número de manos por racimo	4.51	0.4286
Número de dedos mano apical	2.8	0.7966
Circunferencia de tallo de madre	2.32	0.3025
Circunferencia de tallo de hijo	5.63	0.6798
Altura de hijo en sucesión	7.66	0.5306

La variable número de manos del racimo es una variable influenciada por el manejo, refiriéndose, a que depende de la orden de la semana de realizar la labor de desmane de falsa+2, falsa+3 o falsa+4, este desmane depende del clima ya que, en un clima caluroso (30 °C a 35 °C) el racimo da potencial a un desmane más leve, mientras que un clima más frío (26 °C a 30 °C) requiere de un desmane más riguroso y así lograr que la fruta tenga el grado deseado. La persona encargada del desmane además de seguir la orden tiene la potestad de observar el potencial del racimo y dejar o quitar más manos. Este factor pudo ser una de las causas principales por la cual en la variable número de manos por racimo no existieran diferencias significativas entre los tratamientos.

Saguil (1997) evaluó dos fuentes comerciales de Nitrógeno aplicadas de forma manual y mediante fertirriego, sobre la variable número de manos por racimo, donde en los tratamientos que fueron aplicados de forma manual como se realizó en este ensayo no encontró diferencias significativas, mientras que en los tratamientos aplicados por fertirriego (Urea y Nitrato de Calcio) si existieron diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. Bazurto (2016) indica que el número de manos y de dedos juega un papel importante en el peso de racimo, obtuvo además que los racimos medidos tenían de 6 a 8 manos en el primer ciclo lo cual se compara con la media de los tratamientos que oscila en 7 manos (cuadro 29A), que se obtuvieron en esta investigación, aunque entre tratamientos no existió diferencias significativas.

Al igual que en esta investigación Salvador (2014) en el estudio antes mencionado tampoco encontró diferencias significativas entre tratamientos refiriéndose al número de manos por racimo, respaldando los resultados encontrados en esta investigación.

Ruiz *et. al.* (2016) también evaluó el perímetro del pseudotallo a un metro de altura y encontró que con una dosis de 340 kg de N/ha en una densidad de 1,700 plantas/ha se logra aumentar el perímetro en 5 cm en comparación con los otros tratamientos, además determino que diferentes niveles de P₂O₅ y K₂O simples y en combinación con micorrizas no logran marcar una diferencia significativa en el perímetro de las plantas.

Mientras que Salvador (2014) realizó un estudio sobre niveles de fertilización con N, P, K, Mg utilizando una fuente de liberación controlada en el cultivo de banano (*Musa AAA*). En dicho estudio determino que no existieron diferencias significativas entre tratamientos respecto a la variable circunferencia de tallo a un metro de altura de plantas previamente marcadas, lo cual se relaciona con lo encontrado en esta investigación donde no existieron diferencias significativas entre las circunferencias tanto de madres como de hijos en sucesión.

En un ensayo donde se analizó la absorción, distribución y acumulación del nitrógeno en banano realizada por Bazurto (2016), indica que en el primer ciclo medido no se encontró una diferencia entre alturas de plantas, aunque si se notó una diferencia en el segundo ciclo donde las dosis 321 kg/ha y 483 kg/ha presentaron las mayores alturas de plantas. Aunque en este ensayo fueron evaluados los crecimientos quincenales de la altura de hijo y otros elementos además del nitrógeno, tampoco existió una diferencia significativa entre tratamientos, pudiendo ser que en el nieto en sucesión haciendo referencia al segundo ciclo se vieran encontrado diferencias significativas.

Además, se analizó si existió alguna diferencia entre la primera madre medida al inicio del ensayo (CM1) y la segunda madre medida al final del ensayo (CM2), los resultados se presentan en el cuadro 26.

Cuadro 26. Comparación de circunferencia de madre, a un inicio y al final del ensayo, en el cultivo de banano, Tiquisate, Escuintla

Tratamiento	Media	
	CM1	CM2
D1	76.81	92.52
D2	77.02	91.31
D3	78.16	93.88
Testigo	78.58	90.38

Como se puede observar todos los tratamientos en la CM2 aumentaron en comparación de CM1. Las causas de este resultado fueron que la finca cambio su administración unas semanas después de iniciarse el ensayo y los nuevos trabajos se ven reflejados en CM2, ya que los programas de nutrición fueron mejorados, se invirtió en el sistema de riego, existió un desmane, deshoje, deshije más disciplinado, se tuvo un mayor control de plagas y enfermedades, entre otros. Siempre se hace la observación que el tratamiento que mayor circunferencia de madre obtuvo fue uno propuesto correspondiente al programa de dosis alta.

2.5.4 Variable contenido nutricional en tejido foliar

Los resultados de los análisis foliares realizados a inicio y finales del ensayo se muestran en el cuadro 27.

Cuadro 27. Análisis de tejido vegetal, del cultivo de banano en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%						ppm				
Niveles críticos	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
Lote 4 Inicio	2.62	0.22	2.38	0.68	0.31	0.21	13.71	9.91	136.5	323.2	34.03
Lote 4 Final	2.94	0.20	3.30	0.45	0.23	0.24	10.20	11.31	111.10	292	39.26

Se hace la observación que este resultado representa la comparación de los tratamientos propuestos al inicio como al final del ensayo. En los macronutrientes refiriéndose al nitrógeno y al potasio se logró aumentar las concentraciones en tejido foliar a niveles adecuados del cultivo mientras que el fósforo se mantuvo dentro del rango adecuado. Tener niveles adecuados de nitrógeno son importantes para conseguir alto potencial fotosintético y proporcionar energía a las plantas para la creación de tejido vegetal abundante y de coloración verde, mientras que el potasio es esencial en banano debido a que es el encargado de obtener frutos de buena calidad y en alta cantidad por lo cual tener los niveles adecuados es de mucha importancia.

En cuanto a los micronutrientes, en el ensayo inicial no se obtuvo ninguno por debajo de los niveles adecuados lo cual es muy bueno ya que cada elemento es esencial en el funcionamiento óptimo de los cultivos, aunque en el resultado final se puede observar que el magnesio y el calcio están por debajo de los niveles adecuados, puede ser una de las causas que se hallan realizado aplicaciones altas de Potasio ya que este es antagónico con el Mg y Ca. Se debe de realizar la corrección ya que el magnesio junto al nitrógeno intervienen en los procesos fotosintéticos. El calcio es de suma importancia en las paredes celulares, reduce las marcas y manchas en los frutos y ayuda a reducir el rajado en frutos.

Para realizar correcciones del magnesio podría aplicarse sulfato de magnesio o nitrato de magnesio y para el calcio nitrato de calcio o mezclas físicas con fuentes de calcio, y reduciendo los niveles de potasio para mantener la relación K-Ca bien balanceada.

2.5.5 Análisis económico

En el cuadro 28, se presentan los resultados obtenidos del análisis económico aplicado a los tratamientos realizados en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.

Cuadro 28. Análisis económico de los rendimientos obtenidos en el cultivo de banano, en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla

Tratamiento	Cajas /ha/año	Beneficio /ha/año	Mano de obra /ha/año	Costo fertilizante /ha/año	Costo parcial	Relación B/C
T1	2575.5	Q. 86,923.13	Q. 359.04	Q. 8,194.29	Q. 8,553.33	10.65
T2	3162	Q. 106,717.50	Q. 448.80	Q. 10,017.53	Q. 10,466.33	10.70
T3	2805	Q. 94,668.75	Q. 561.00	Q. 12,296.57	Q. 12,857.57	7.74
Testigo	2499	Q. 84,341.25	Q. 480	Q. 9,750.00	Q. 10,230.00	8.70

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

Como se puede observar, únicamente se muestran los costos que cambian en los diferentes tratamientos como lo es la mano de obra y el costo de los fertilizantes, ya que las demás labores en el cultivo son las mismas y representan los mismos costos en todos los tratamientos, costos más a detalle de los fertilizantes que se usaron en los tratamientos propuestos se muestran en el cuadro 29A.

En la columna que muestra la relación B/C, se observa que la mejor relación la tiene el tratamiento 2 que corresponde al programa de nutrición con una dosis media, con 10.70, el tratamiento 1 le sigue con 10.65, luego el testigo con 8.70 y por último el tratamiento 3 con 7.74, los cuatro tratamientos producen un beneficio. Este indicador financiero muestra que, aunque el tratamiento 2 no es el que tiene los menores costos, pero si es el que produce los mejores resultados, por lo cual para aumentar la rentabilidad de las fincas productoras en el área se recomienda poder implementar el programa de nutrición número 1 o 2.

En la gráfica de la figura 18 se muestran las relaciones B/C que se obtuvieron en los diferentes tratamientos donde se puede observar que el mejor resultado lo presenta el tratamiento número 2 y le sigue por muy poco el tratamiento número 1.

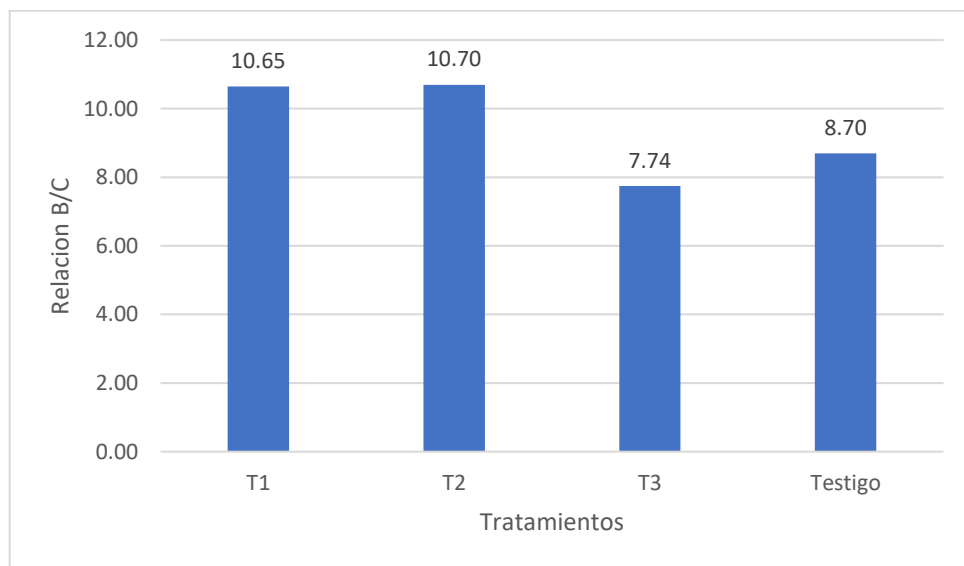


Figura 18. Relaciones B/C, de los tratamientos evaluados, en el cultivo de banano, Tiquisate, Escuintla

2.5 CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento lo produce el efecto del tratamiento número 2 correspondiente a la dosis media, ya que produce los mejores pesos y factores de conversión, con lo cual se acepta la hipótesis donde se dice que al menos uno de los tratamientos propuestos produciría un efecto favorable en el rendimiento.
2. Obteniendo el promedio de crecimiento quincenal de todo el ensayo no existieron diferencias significativas entre los tratamientos tanto para la altura como para la circunferencia de las plantas. Pero si existió un aumento de circunferencia entre las matas madre medidas al inicio y las matas madre medidas al final del ensayo en todos los tratamientos.
3. Se corrigieron las deficiencias de Nitrógeno y Potasio que se presentaron a un inicio del ensayo, pero al final se encontraron deficiencias en los macronutrientes secundarios Calcio Y Magnesio a nivel de tejido foliar.
4. Todos los tratamientos producen un beneficio económico, según la relación B/C, pero el tratamiento 2 correspondiente a la dosis media es el que produce los mejores beneficios con una relación de 10.70 y en segundo plano el tratamiento 1 correspondiente a la dosis baja con una relación de 10.65

2.6 RECOMENDACIONES

1. Bajo las condiciones evaluadas, se recomienda utilizar el programa de nutrición 2 correspondiente a la dosis media, ya que fue el que produjo los mejores rendimientos entre los tratamientos evaluados.

2. Para obtener buenos pesos superiores a los 31 kg por racimo y factores de conversión arriba de 1.2, se recomienda utilizar el programa de nutrición número 2 bajo las condiciones evaluadas.
3. Darle seguimiento al crecimiento en altura y circunferencia de hijos por lo menos durante 2 años y así poder encontrar diferencias significativas en el desarrollo de hijo en sucesión.
4. Realizar análisis de tejido foliar más periódicamente para poder compararlos y determinar de una forma más específica el comportamiento de los nutrientes dentro del tejido vegetal.
5. Realizar las aplicaciones de fertilizantes foliares, mediante aplicaciones aéreas y realizar análisis de tejido vegetal para monitorear el comportamiento de los nutrientes.
6. Basándose en la relación beneficio costo se pueden utilizar tanto el programa de nutrición 1, dosis baja, como el 2, dosis media, ya que son muy similares en su relación B/C.

2.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Ayala, LA. 2018. Análisis en el tiempo de la producción de plantaciones Nahualate (entrevista). Rio Bravo, Suchitepéquez, Guatemala, Plantaciones Nahualate, gerencia general.
2. Barrios Sandoval, MG. 2008. Controles internos a considerar en las pérdidas ocasionadas por un desastre natural en una empresa productora de banano. Tesis Cont. Pub. y Adit. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 161 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3173.pdf
3. Bazurto, JT. 2016. Absorción, distribución y acumulación del nitrógeno en banano variedad Williams en dos ciclos de producción en zona húmeda tropical. Tesis

Doctorado. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 146 p. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/52788/1/jaimetorresbazurto.2016.pdf>

4. Cardeñosa, B. 1995. El género *Musa* en Colombia: Plátanos, bananos y afines. Palmira, Colombia, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
5. Castillo González, AM; Maruri, JAH; García, EA; Pineda, JP; Aguilar, LAV; Torres4, TC. 2011. Extracción de macronutrientes en banano 'Dominico' (*Musa* sp.). *Phyton* 80(1):1-10. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572011000100010
6. Ciudades.co. 2012. Localidad de Tiquisate (Escuintla). Disponible en http://www.ciudades.co/guatemala/ciudad_tiquisate_05006.html
7. Dalberg; Global Development Advisors; Fundesa, Guatemala; CACIF, Guatemala. 2011. ISDE Banano. Guatemala. 18 p. Disponible en http://www.mejoremosguate.org/cms/content/files/diagnósticos/economicos/05.ISDE_Banano.pdf
8. Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2011. InfoStat (programa de cómputo). Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
9. Espinosa, J; Mite, F. 2012. Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. Georgia, US, International Plant Nutrition Institute. 14 p. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/\\$FILE/Estadobanano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/$FILE/Estadobanano.pdf)
10. Fagiani, MJ; Tapia, AC. 2012. Ficha del cultivo de banano. Jujuy, Argentina, INTA. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cultivo_del_banano.pdf
11. Florio, S; Real, F; Florio, G. 2012. Fenología del banano en Venezuela. Venezuela. Disponible en <http://www.sunshineflorio.blogspot.com/2012/07/fenologiadel-banano-o-cambur-musa-aaa.html>
12. Fuentes Mazariegos, JM. 2014. Evaluación de cuatro niveles de potasio (KCl) sobre el rendimiento y calidad del plátano, en aldea San Isidro Malacatán, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 75 p. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/14/Fuentes-Jorge.pdf>
13. Góngora Benitez, JE. 1999. Caracterización del sub-sistema plátano (*Musa paradisiaca* L.) en los sistemas de producción de los municipios de Tiquisate y Nueva Concepción en el departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Disponible en <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01789.pdf>

14. Ibañez Asensio, S; Gisbert Blanquer, JM; Moreno Ramón, H. 2012. Mollisoles. Valencia, España, Universidad Politecnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. 6 p. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13609/Mollisoles.pdf?sequence=3>
15. INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, Guatemala). 2001. Consulta de necesidades de capacitación y asistencia técnica en empresas dedicadas al cultivo, recolección, manipulación, empaque y almacenamiento de banano. Guatemala. 49 p. Disponible en <http://www.intecap.edu.gt/oml/images/pdfsdocumentos/CNC-22.pdf>
16. López, A; Espinosa, J. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano. Costa Rica, International Plant Nutrition Institute. 86 p. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b85257900057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/N%20F%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b85257900057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.pdf)
17. Martínez, A; Cayón, S. 2011. Dinámica del crecimiento y desarrollo del banano (*Musa* AAA simmonds cvs. Gran Enano y Valery) en la zona de Urabá. Tesis MSc. Fisiol. Cultivos. Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
18. Mestanza, S; Arreaga, J. 1982. Fertilización química de plantaciones establecidas de banano. Ecuador, INIAP. 46. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2030/1/iniaplsbt46.pdf>
19. Omaira. 2009. Fertilización del cultivo de banano. Disponible en <http://santibanaomaira.blogspot.com/2009/04/fertilizacion-del-cultivo-de-banano.html>
20. Pantoja, D. 2016. Fisiología del banano. Disponible en <http://fisioldelbanano.blogspot.com/>
21. Paredes Gerónimo, A; Romero Flores, KN; García Monzón, VJM; López Estrada, CP; Montufar Argueta, SJ; Raymundo Velasco, GP; Cruz, GA; Cruz, EF; Rodríguez Santizo, SD; Hernández Granillo, YC; Juracán Macario, JA; Aguirre Juárez, EJ; González Roldán, SL; Guerra, JB; García Miranda, RE. 2013. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión; municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla; Informe general. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 547 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0854_v1.pdf
22. Ramírez, SG; Rodríguez, C. 1996. Manual de producción de plátano para Tabasco y norte de Chiapas. Tabasco, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 81 p.
23. Ruíz Martínez, L; Armario Aragón, D; Espinosa, R; Espinosa, A; Simo González, J; Espinosa Cuellar, E. 2016. Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano. 1-8 p. Disponible en ResearchGate:

https://www.researchgate.net/publication/311512507_Efecto_de_dosis_de_nitrogeno_fosforo_y_potasio_combinadas_con_micorrizas_en_el_cultivo_del_banano

24. Salvador Cevallos, SG. 2014. Estudio sobre niveles de fertilización con N, P, K, Mg utilizando una fuente de liberación controlada en el cultivo de banano (*Musa AAA*). Tesis Licenciatura. Milagro, Ecuador, Universidad de Guayaquil. 57 p. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3894>
25. Saguil Sagastume, CO. 1997. Evaluación de dos fuentes comerciales de nitrógeno, aplicados por fertirrigación y de forma manual, en el cultivo de banano, en la costa Atlántica de Guatemala, Morales, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p. Disponible en <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01636.pdf>
26. SEPHU (Sociedad Española de Productos Húmicos, España). 2009. Bananos exóticos. España, Sephu, noticias Sephu no. 39:1-9. Disponible en https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/039---11.12.09---Bananos-Exo--769-ticos.pdf
27. Soto Ballesteros, M. 2008. Bananos: Técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización. Costa Rica, Tecnológico de Costa Rica. Disponible en <https://www.editorialtecnologica.com/catalogo/bananos-iii-manejo-poscosecha-y-comercializacion/>
28. Tobías, H; Lira, IE. 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Ed. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 48 p. Disponible en http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_taxonomica_memoria_tecnica_2000.pdf
29. Torres, JS; Castillo, JM. 2013. Principios para nutrición del banano. Colombia, CENIBANANO / AUGURA.
30. Trocme, S; Gras, R. 1979. Suelos y fertilización en fruticultura. España, Mundi-Prensa. Disponible en https://books.google.com.gt/books/about/Suelo_y_fertilizaci%C3%B3n_en_fruticultura.html?id=YzCIAAAACAAJ&redir_esc=y

2.8 ANEXO

Del cuadro 29A al 38A, se presentan los resultados de las variables analizadas que nos presentaron diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 29A. Variable número de manos

Variable número de manos				
Tratamiento	R1	R2	R3	Media
D1	7.33	7.00	7.00	7.11
D2	7.25	7.67	7.25	7.39
D3	7.75	7.33	7.50	7.53
Testigo	6.67	7.60	7.20	7.16

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 30A. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
manos	12	0.39	0.00	4.51

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.41	5	0.08	0.76	0.6071
Dosis	0.35	3	0.12	1.07	0.4286
Repetición	0.07	2	0.03	0.30	0.7498
Error	0.65	6	0.11		
Total	1.06	11			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 31A. Número de dedos de mano apical

Variable número de Dedos				
Tratamiento	R1	R2	R3	Media
D1	17.67	18.00	17.67	17.78
D2	17.50	18.33	18.25	18.03
D3	18.50	17.33	18.75	18.19
Testigo	17.67	18.20	18.20	18.02

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 32A. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
No. dedos	12	0.27	0.00	2.80

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	0.56	5	0.11	0.44	0.8052
Dosis	0.26	3	0.09	0.34	0.7966
REPETICIÓN	0.30	2	0.15	0.60	0.5811
ERROR	1.53	6	0.25		
Total	2.09	11			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 33A. Circunferencia de tallo de madre

Variable aumento quincenal de la circunferencia de madre				
Tratamiento	R1	R2	R3	Media
D1	93.13	90.10	94.33	92.52
D2	90.50	91.67	91.75	91.31
D3	92.75	93.38	95.50	93.88
Testigo	90.75	85.50	94.88	90.38

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 34A. Analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Circunferencia	12	0.66	0.37	2.32

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52.30	5	10.46	2.30	0.1695
Dosis	20.72	3	6.91	1.52	0.3025
Repetición	31.58	2	15.79	3.48	0.0994
Error	27.25	6	4.54		
Total	79.56	11			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 35A. Circunferencia de tallo de hijo

Variable aumento quincenal de circunferencia de tallo de hijo				
Tratamiento	R1	R2	R3	Media
D1	5.92	5.01	6.05	5.66
D2	5.56	6.05	5.92	5.84
D3	5.70	5.84	5.94	5.83
Testigo	5.55	5.44	5.70	5.56

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 36A. Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Circunferencia	12	0.38	0	5.63

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.38	5	0.08	0.72	0.6298
Dosis	0.16	3	0.05	0.53	0.6798
Repetición	0.21	2	0.11	1.02	0.4157
Error	0.62	6	0.1		
Total	1	11			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 37A. Variable altura de hijo

Variable amento quincenal de la altura de hijo				
	R1	R2	R3	Media
D1	20.66	16.77	18.61	18.68
D2	19.29	19.35	20.32	19.65
D3	18.72	21.56	19.86	20.04
Testigo	18.30	17.58	19.45	18.44

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 38A. Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	12	0.33	0	7.66

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.41	5	1.28	0.59	0.7088
Dosis	5.3	3	1.77	0.82	0.5306
Repetición	1.12	2	0.56	0.26	0.7806
Error	12.99	6	2.16		
Total	19.4	11			

Fuente: elaboración propia, 2018.

En el cuadro 39A, se detallan los costos parciales que se produjeron en el ensayo de banano en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.

Cuadro 39A. Costos parciales de la investigación

Dosis Baja						
Fertilizante	Sacos (45.36 kg) y L/ha/año	Sacos (45.36 kg) y L/ha/1,500 m²	Precio	Costo/ 1,500 m²/año	Costo/ ha/año	Costo/ ha/año
YaraMila Hydran (Kg)	26.03	3.90	Q. 170.63	Q. 666.22	Q. 4,441.44	U.S. \$. 592.19
YaraVera Amidas (Kg)	5.39	0.81	Q. 160.50	Q. 129.66	Q. 864.39	U.S. \$. 115.25
Sulfato Potasio (Kg)	7.63	1.14	Q. 152.63	Q. 174.67	Q. 1,164.47	U.S. \$. 155.26
YaraLiva Nitrabor (Kg)	5.83	0.88	Q. 141.00	Q. 123.40	Q. 822.65	U.S. \$. 109.69
YaraVita Bortrac (l)	6.00	0.90	Q. 84.00	Q. 75.60	Q. 504.00	U.S. \$. 67.20
YaraVita Zintrac (l)	6.00	0.90	Q. 66.23	Q. 59.60	Q. 397.35	U.S. \$. 52.98
				Total	Q. 8,194.29	U.S. \$. 1,092.57
Dosis Media						
Fertilizante	Sacos (45.36 kg) y L/ha/año	Sacos (45.36 kg) y L/ha/1,500 m²	Precio	Costo/ 1,500 m²/año	Costo/ ha/año	Costo/ ha/año
YaraMila Hydran (Kg)	32.54	4.88	Q. 170.63	Q. 832.77	Q. 5,551.80	U.S. \$. 740.24
YaraVera Amidas (Kg)	6.73	1.01	Q. 160.50	Q. 162.07	Q. 1,080.49	U.S. \$. 144.06
Sulfato Potasio (Kg)	9.537	1.43055	Q. 152.63	Q. 218.34	Q. 1,455.58	U.S. \$. 194.08
YaraLiva Nitrabor (Kg)	7.293	1.09395	Q. 141.00	Q. 154.25	Q. 1,028.31	U.S. \$. 137.11
YaraVita Bortrac (l)	6	0.90	Q. 84.00	Q. 75.60	Q. 504.00	U.S. \$. 67.20
YaraVita Zintrac (l)	6	0.90	Q. 66.23	Q. 59.60	Q. 397.35	U.S. \$. 52.98
				Total	Q. 10,017.53	U.S. \$. 1,335.67

Dosis Alta						
Fertilizante	Sacos (45.36 kg) y L/ha/año	Sacos (45.36 kg) y L/ha/1,500 m ²	Precio	Costo/ 1,500 m ² /año	Costo/ ha/año	Costo/ ha/año
YaraMila Hydran (Kg)	40.6725	6.100875	Q. 170.63	Q. 1,040.96	Q. 6,939.75	U.S. \$. 925.30
YaraVera Amidas (Kg)	8.415	1.26225	Q. 160.50	Q. 202.59	Q. 1,350.61	U.S. \$. 180.08
Sulfato Potasio (Kg)	11.92125	1.7881875	Q. 152.63	Q. 272.92	Q. 1,819.48	U.S. \$. 242.60
YaraLiva Nitrabor (Kg)	9.11625	1.3674375	Q. 141.00	Q. 192.81	Q. 1,285.39	U.S. \$. 171.39
YaraVita Bortrac (l)	6	0.90	Q. 84.00	Q. 75.60	Q. 504.00	U.S. \$. 67.20
YaraVita Zintrac (l)	6	0.90	Q. 66.23	Q. 59.60	Q. 397.35	U.S. \$. 52.98
				Total	Q. 12,296.57	U.S. \$. 1,639.54

Fuente: elaboración propia, 2018.

En la figura 13A, se muestran los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras de tejido foliar obtenidas en la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.

Cliente : YARA GUATEMALA, S.A.,

Localización: TIQUISATE, ESCUINTLA

Cultivo: BANANO

Finca: TOLIMAN

Fecha de Ingreso: 07/03/2018 Fecha de Ejecución: 14/03/2018 09:32:41 Fecha de Impresión: 15/03/2018 13:00:13

Anala
ANÁLISIS DE SUELOS, PLANT

Informe de Resultado

● =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
8192	LOTE FINCA 2 TOLIMAN	2.77	0.35	4.92	0.72	0.30	0.19	19.63	13.98	262.00	256.20	32.77
8193	LOTE FINCA 3 TOLIMAN	2.58	0.25	2.63	0.60	0.29	0.16	16.49	11.77	229.60	198.60	29.55
8194	LOTE FINCA 4 TOLIMAN	2.62	0.22	2.38	0.68	0.31	0.21	13.71	9.91	136.50	326.20	34.03

Localización: TIQUISATE ESCUINTLA

Cultivo: BANANO

Finca: TOLIMAN

Fecha de Ingreso: 25/10/2018 Fecha de Ejecución: 02/11/2018 11:18:59 Fecha de Impresión: 07/11/2018 10:17:11

Informe de Resultados de

● =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
815	LOTE TOLIMAN 2	2.89	0.20	3.98	0.66	0.24	0.24	6.34	10.87	119.00	244.20	31.22
816	LOTE TOLIMAN 3	2.80	0.20	3.72	0.53	0.24	0.23	2.15	10.61	89.11	227.90	33.99
817	LOTE TOLIMAN 4	2.94	0.20	3.60	0.45	0.23	0.24	10.20	11.31	111.10	292.00	39.26

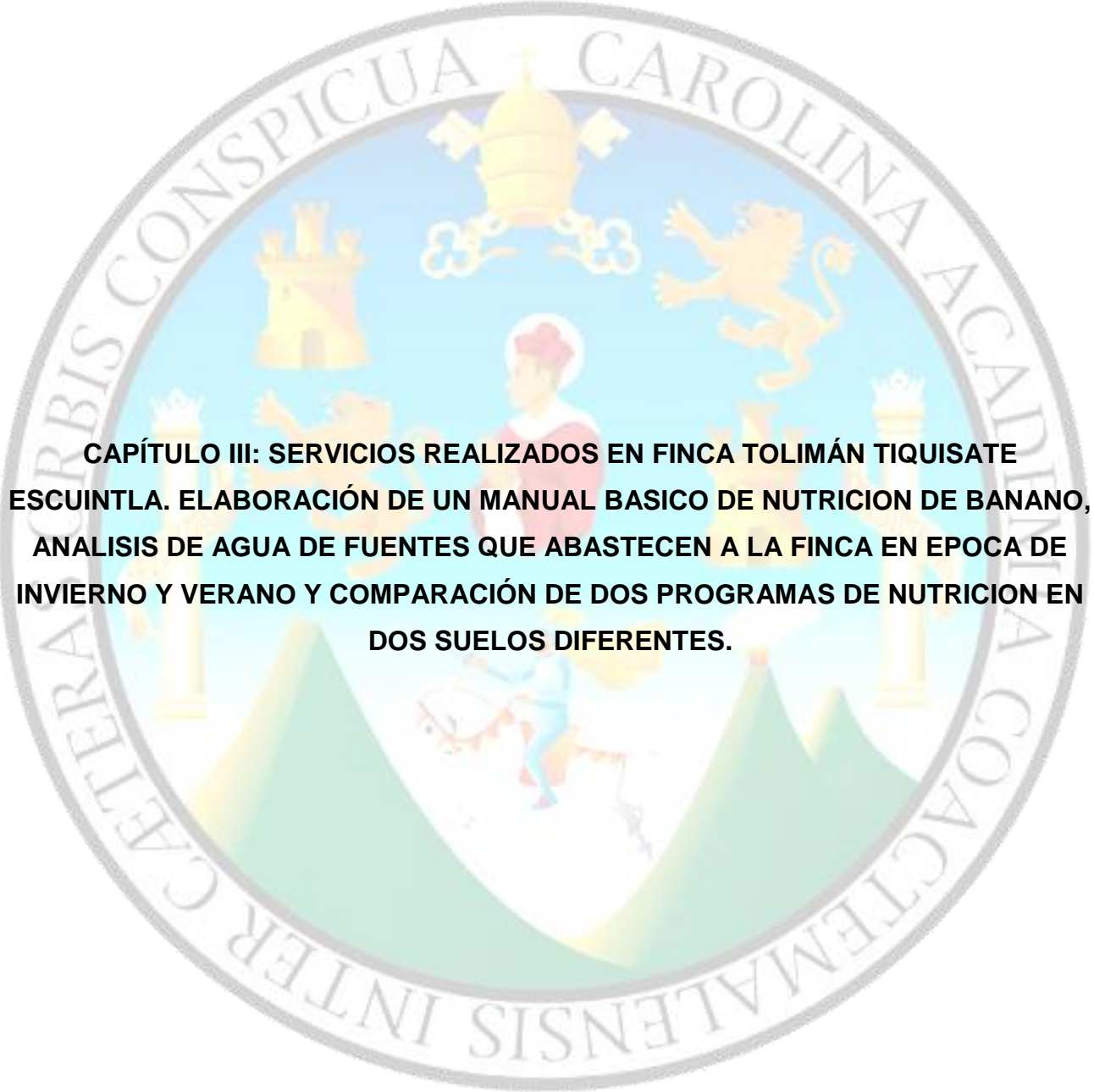
Determinación de Nitrógeno Método Dumas

Preparación de la muestra: Incineración por mufla

y análisis de los elementos: P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B Espectrometría de Emisión de Plasma - ICP

Fuente: laboratorio Analab, 2018.

Figura 19A. Resultados de los análisis foliares a inicio y al final del ensayo

The seal of the Universidad Autónoma de Coahuila de Matamoros is a circular emblem. It features a central shield with a white background, depicting a figure in a red and white robe riding a white horse. The shield is set against a light blue background with a golden crown at the top, a golden castle on the left, and a golden lion on the right. The shield is flanked by two golden pillars. The entire emblem is enclosed in a circular border with the Latin text "CETERA SPERABIS CONSPICUA CAROLINA ACCADIMIA COACTEMATELNSIS INTER" around the top and "MATAMOROS" at the bottom.

CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA TOLIMÁN TIQUISATE ESCUINTLA. ELABORACIÓN DE UN MANUAL BASICO DE NUTRICION DE BANANO, ANALISIS DE AGUA DE FUENTES QUE ABASTECEN A LA FINCA EN EPOCA DE INVIERNO Y VERANO Y COMPARACIÓN DE DOS PROGRAMAS DE NUTRICION EN DOS SUELOS DIFERENTES.

3.1 PRESENTACIÓN

Guatemala es un país que basa su economía en la agricultura, la cual es una actividad que permite a muchas familias poder subsistir y asegurar un alimento a sus hogares. Un cultivo de mucha importancia ocupando el tercer puesto en la economía nacional es el banano (INTECAP 2001), dicho cultivo da empleo a una gran cantidad de personas mediante la siembra extensiva del mismo, pero también contribuye con la seguridad alimentaria a nivel comunitario ya que es fuente importante de proteínas y potasio.

Para la producción de banano interactúan una serie de factores que en buena combinación podemos obtener altos rendimientos (4,000 cajas/ha/año), dentro de los factores están, un buen manejo agronómico del cultivo, una buena nutrición del cultivo, condiciones climáticas favorables y una buena eficiencia en el uso del agua, por mencionar los más importantes.

Para contribuir con la producción de banano en plantaciones Tolimán, se elaboró un manual básico de nutrición del cultivo de banano, donde se incluyen aspectos que van desde aspectos generales del cultivo, diagnosticar el estado nutricional del cultivo y del suelo mediante análisis foliares y de suelo, interpretación de los mismos, requerimientos del cultivo, funciones de los elementos dentro de las plantas entre otros. Este manual va dirigido hacia personas con poco acceso a información y nivel de escolaridad básico que laboran dentro de la finca y fincas aledañas.

Se realizaron análisis de agua en época de verano e invierno de las dos fuentes que abastecen la finca, para verificar si existía alguna diferencia en la calidad del agua con fines de riego. Se presentan los resultados y la discusión de los mismos, los cuales contribuirá a prevenir posibles problemas en las instalaciones y en el cultivo.

Y por último se realizaron dos investigaciones, una en suelo franco-arenoso ósea con buenos rendimientos y otra en área arenosa, con rendimientos medios, donde se ponen a prueba dos programas de nutrición para evaluar el que produzca mejores resultados en las variables respuesta y lograr un aumento en la producción en esas áreas de la finca.

3.2 Servicio 1: Elaboración de un manual básico de nutrición de banano.

3.2.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

Elaborar un manual de nutrición del cultivo de banano (*Musa sapientum* L.), para ser utilizada como guía nutricional por la finca Tolimán y fincas aledañas.

B. Objetivos específicos

1. Dar a conocer la manera correcta de realizar y de interpretar los análisis foliares y de suelo.
2. Enlistar los requerimientos nutricionales del cultivo de banano.
3. Resaltar la importancia de los nutrientes en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de banano.

3.2.2 METODOLOGÍA

Mediante la revisión bibliográfica de diferentes fuentes confiables, estudios previos realizados en Guatemala y en otros países sobre nutrición del banano, manuales de nutrición del banano, guías de muestreo de plantas para área foliar y de suelo y con información generada por la propia finca y fincas aledañas, se construyó este manual básico de nutrición del banano. La cual contiene información concisa y resumida sobre los puntos claves de nutrición del cultivo y función de los elementos en las plantas.

Además, mediante la experiencia que se fue tomando en el día a día vivido en la finca respecto a la nutrición del cultivo de banano, en manejo integral de las diferentes labores y en labores de empacadora, se fue complementando la información obtenida en las fuentes bibliográficas que se revisaron para la construcción de esta guía.

Se dieron algunas recomendaciones técnicas para mejorar los rendimientos y optimizar las aplicaciones, evitando pérdidas por malas aplicaciones o mala calidad de los fertilizantes.

3.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Producción Nacional

Desde el siglo XVI que la fruta de banano se introdujo a América Latina las plantaciones han incrementado, siendo una de las frutas con mayor comercialización en el mundo ocupando un segundo lugar (INTECAP 2001).

Según Mazariegos (2014), el banano es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz, siendo una dieta fundamental para las personas que habitan países tropicales y subtropicales. Presentando el ISDE del banano este cultivo ha crecido en +7 % en los últimos cinco años, siendo Guatemala el octavo cultivador del mundo, donde el 28 % de las importaciones de banano de EE.UU. provienen de Guatemala. También contribuye con el PIB del país con 13.6 % con unos 2 millones de T/año, aportando U.S. \$ 411.5 millones a la economía guatemalteca (Dalberg 2011). Por lo cual el mercado está demandante y se tiene una gran oportunidad de negocio para el país.

La estructura de la industria bananera de Guatemala está dividida por 12 empresas nacionales las cuales representan el 85 % de la producción nacional y 3 empresas internacionales las cuales producen el otro 15 %. En conjunto representa un 3 % en la producción mundial de Banano. El 82 % de las exportaciones son con destino a EE.UU. 14 % con destino a las Islas vírgenes y el resto se divide en otros países (Dalberg 2011).

En el 2015 se tenía un área cosechada de 104,600 mz, 79,737,300 qq producidos y con rendimientos de 762.30 qq/mz. La producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente forma: Escuintla (46 %), Izabal (33 %) y los demás departamentos de la república suman el (21 %) restante (Gobierno de Guatemala 2016).

El banano constituye el tercer producto de mayor importancia en la economía nacional (INTECAP 2001), contribuyendo con un gran número de empleos, en las diferentes áreas

que van desde labores en campo, labores en las empacadoras, labores administrativas, hasta la venta. Donde se estima que intervienen de 25,000 a 35,000 trabajadores.

B. Principios Agronómicos

Para lograr altas producciones y de buena calidad existen un gran número de factores agronómicos que deben controlarse, dentro de los cuales la mayoría está bajo el mando de los productores, pero algunos como el clima no pueden ser controlados con facilidad, (figura 20).



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 20. Calibración de grado en banano

c. Zona Climática

El banano es una fruta de clima tropical principalmente, pero también se tienen muy buenos rendimientos en climas subtropicales. La mayoría de zonas productoras se encuentran situadas entre el Ecuador donde se tienen condiciones cálidas y húmedas con temperaturas que oscilan los 25 °C a 30 °C, temperaturas mayores a los 38 °C pueden producir daños en las hojas y frutos.

Temperaturas inferiores a los 10 °C reducen el crecimiento y la maduración de frutos con lo cual se producen cosechas muy retardadas (Yara *et al.* 2014).

Por lo general el clima de Tiquisate es cálido, aunque en las noches la temperatura como normalmente se espera descende, en las zonas cercanas al mar las temperaturas promedio son de 23 °C a 35 °C que es el área donde se encuentra la finca Tolimán (Gerónimo *et al.* 2013).

La precipitación pluvial oscila entre 1,500 mm a 3,200 mm por año abarcando la temporada normal de lluvias desde mayo a noviembre, destacando como los meses más lluviosos junio, agosto y septiembre. En el mes de febrero se registran lluvias ocasionales las cuales pueden disminuir un poco la temperatura (Gerónimo *et al.* 2013).

“La humedad relativa es del 79 %, la velocidad media del viento es de 2.1 km/h y con orientación hacia el Sur” (Ciudades.co 2012).

Otro factor climático importante es el viento, ya que cuando corren con alta velocidad un gran número de plantas se caen, debido a que el sistema radicular en esta zona está dentro de los 40 cm y el peso que tienen que soportar las plantas es demasiado por lo cual después de fuertes vientos es muy común encontrar plantas caídas. También el viento provoca rasgaduras en las hojas con lo cual se disminuye la capacidad fotosintética de las plantas.

C. Densidad

Una unidad productiva está constituida por la planta madre y el hijo de espada en sucesión que es el escogido entre los demás hijos para lo siguiente producción. Las densidades que se manejan son desde 1,700 plantas/ha a 2,400 plantas/ha, lo cual depende del tipo de suelo que se esté manejando, en suelos arenosos se utilizan altas densidades de siembra para evitar estrés por calor.

d. Requerimientos de suelo y agua

Un suelo con características físicas y químicas adecuadas aseguran una producción óptima, en banano suelos bien drenados y aireados son importantes, ya que la acumulación de agua puede probar pudrición de raíces y por ende plantas muertas. Suelos ricos en nutrientes son parte de la nutrición del cultivo y una buena cantidad de materia orgánica no menor al 4 %, la cual contribuye a la degradación y transformación de los elementos mediante la fauna y

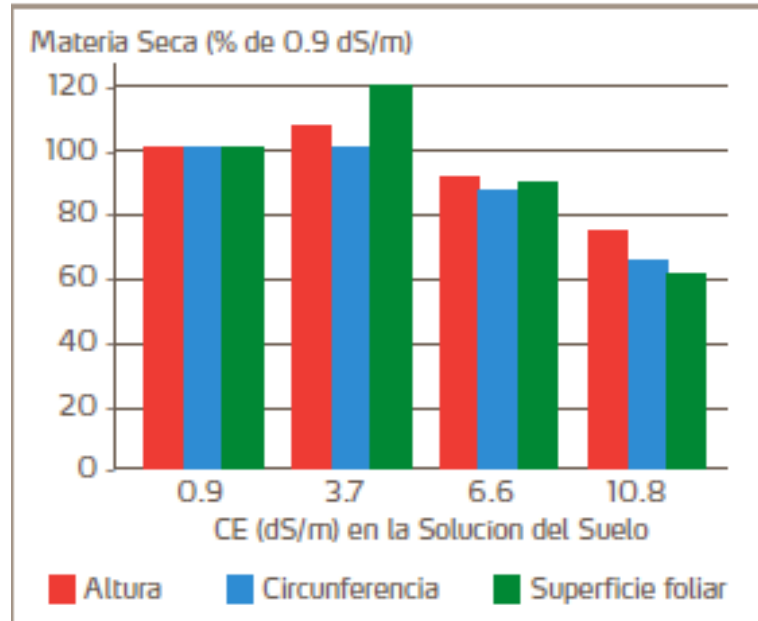
flora que habita en ella. Un pH 6-6.5 es importante para permitir que la mayoría de elementos esenciales estén disponibles para las plantas, pH inferior a 5.5 pueden presentarse problemas con toxicidad de Aluminio y arriba de 8 pueden existir problemas de Sodio y otras bases. Suelos con 60 cm de capa arable son importantes debido a que las raíces más activas se encuentran entre los 30 cm y 60 cm, aunque esto dependerá de la profundidad del manto freático el cual si se encuentra muy arriba es inconveniente ya que las raíces de anclaje quedaran poco profundas y al momento de fuertes vientos se tendrá el problema de caída de plantas (Yara *et al.* 2014).

Regularmente son aplicadas láminas de 5mm/día en tiempo de verano ya que la demanda promedio de las plantas es de 25 mm/semana en condiciones de Tiquisate, Escuintla. Es esencial suplir de las necesidades hídricas de las plantas basados en la evapotranspiración, para lo cual lo ideal es tener por lo menos una estación meteorológica que permita medir estas variables y así obtener un dato más exacto de variables como la precipitación, evaporación, temperaturas etc.

D. Salinidad

Por las altas aplicaciones de fertilizantes basados en sales como las Ureas, y aplicación de agua de riego con alto contenido de sodio pueden causar estrés en las plantas que se ve denotado como una clorosis en los márgenes de las hojas, lo cual se nota en la producción ya que se obtienen frutos pequeños y deformes.

Según un estudio que se realizó en Brasil cuanto más aumente la CE en la solución del suelo la altura, la circunferencia y la superficie foliar disminuye como se muestra en la figura 21.



Fuente: Araujo Filho et al. 1995 citado por Yara *et al.*, 2014.

Figura 21. Salinidad y biomasa del cultivo Naniaco (Gran enano) – Brazil

Según este estudio cuando la CE en la solución del suelo excede de 4 ds/m las plantas y el fruto se verán seriamente afectados. La salinidad produce plantas chaparras y con apariencia de envejecimiento, además pueden producirse desequilibrio en elementos como el Potasio, Magnesio y Sodio.

E. Resumen Nutricional del Banano

F. Aspectos nutricionales del Banano

Las curvas de extracción de nutrientes determinan la cantidad de los mismos, extraídos por una planta durante su ciclo de vida. Con lo cual es posible conocer las épocas de mayor absorción de los nutrientes por parte del cultivo y definir los programas de nutrición (González *et al.* 2011). En frutales la extracción de nutrientes está relacionada con la formación directa de frutos, el crecimiento de raíces y crecimiento foliar (Trocme y Gras 1979). Las extracciones son dependientes del cultivar que se esté manejando, pero en general se presentan los elementos que se requieren en las diferentes etapas de desarrollo.

En la etapa de crecimiento del cultivo son de mucha importancia elementos como el nitrógeno, magnesio, fósforo, calcio, azufre y zinc, lo cual garantiza un adecuado crecimiento del sistema radicular, evita pérdidas por aireadas mediante un buen anclaje, favorece el transporte de nutrientes del suelo a la planta y dentro de la planta y contribuye con el proceso de fotosíntesis.

Durante la reproducción son esenciales el nitrógeno, magnesio y azufre ya que desarrollan el sistema foliar que se encuentra en el interior del falso tallo. Mientras que el potasio es importante para la expansión de las células y para que exista una regulación del agua dentro de la planta (Soto 2008).

En la etapa ya de producción de racimo es de mucha importancia el potasio ya que es el nutriente que permite la movilización de los fotoasimilados con lo cual se favorece el llenado de racimo (Torres y Castillo 2013). La variedad Gran Enano es la más utilizada en el área del Pacífico, esta presenta una considerable acumulación de la materia seca en la etapa vegetativa lo que la convierte en un material precoz en cuanto a producción (Martínez y Cayón 2011).

Según Nalasco citado por Cevallos (2014) la fertilización tradicional utiliza cantidades excesivas de nitrógeno, produciéndose pérdidas altas (hasta un 30 %) por lixiviación y volatilización, provocando:

- Mayores aplicaciones para compensar las pérdidas.
- Nutrición deficiente lo que reduce los rendimientos.
- Incremento de costo de fertilización por hectárea debido al mayor número de aplicaciones.
- Contaminación de manto freático por altas pérdidas por lixiviación.

La producción de Banano requiere altas cantidades de nutrientes donde 50 T/ha/año de fruta fresca pueden extraer del suelo aproximadamente 150-N, 60-P, 215-K, 140-Ca, 12-

Mg, 5-Fe, y 1.25-B, en kg/ha/año. El banano es un cultivo que requiere que los elementos en el suelo estén disponibles con rapidez, para lo cual se necesita realizar aplicaciones constantes de fertilizantes en dosis altas y así obtener altos rendimientos (Cevallos 2014).

G. Requerimientos Nutricionales del Banano

Los requerimientos están en función del cultivo que se esté manejando, pero en forma general en banano el elemento que más se extrae del suelo es el Potasio (K). En el cuadro 40, se presentan los requerimientos nutricionales del banano.

Cuadro 40. Requerimientos nutricionales del banano

Elemento	Requerimiento (kg/ha/año)
Nitrógeno (N)	300 – 500
Potasio (K)	400 – 650
Fosforo (P)	50 – 150
Calcio (Ca)	75 – 200
Magnesio (Mg)	100-150
Azufre (S)	100-250
Zinc (Zn)	1 – 5
Boro (B)	1 – 5
Cobre (Cu)	0.7 – 1
Hierro (Fe)	0.7 – 1
Manganeso (Mn)	0.5 – 0.7
Molibdeno (Mo)	0.2 – 0.3
Sodio y Cloro (Na y Cl)	0.1

Fuente: Lopez y Espinosa, 1995.

H. Diagnóstico de la fertilidad del suelo y la nutrición mineral en el cultivo de banano

a. Análisis de suelo

El análisis químico de suelo es de mucha importancia para evaluar el estado de la fertilidad del mismo, sirve como herramienta primordial en el diseño de estrategias para el manejo de los fertilizantes y enmiendas, en plantaciones de banano se recomienda realizar por lo menos un análisis químico de suelo por año, para poder seguir el estado de la fertilidad a través de los años, y así determinar si se reducen, se mantienen o se incrementan los nutrientes (Espinosa y Mite 2012).

Ya teniendo el análisis es de suma importancia poder interpretar sus resultados, para lo cual se debe saber, que para realizar un análisis químico de suelos se utilizan soluciones extractoras las cuales tienen la función de simular la acción de las raíces. Diferentes soluciones extractoras extraen diferente cantidad de nutrimentos y esto generalmente tiende a confundir.

Por lo cual se deben calibrar dichas soluciones en campo y así obtener la que mejor se adapte en determinado suelo (Espinosa y Mite 2012). La mejor solución extractora ya la tendría que tener el laboratorio mediante estudios previos.

Cuando se interpreta un análisis de suelo no solo son importantes los valores absolutos, sino que también es necesario observar las relaciones de equilibrio entre los elementos. En banano es de suma importancia mantener la relación K-Ca-Mg donde las relaciones se presentan en la figura 22.

Relación	Valor
Ca/Mg	3.5 - 4.0
Ca/K	17.0 - 25.0
Mg/K	8.0 - 15.0
(Ca + Mg)/K	20.0 - 30.0
100 K/(Ca + Mg + K)	3.0 - 5.0

Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

Figura 22. Relaciones K-Ca-Mg

En América Latina en los años 80 no se tenía un diagnóstico sobre los niveles críticos en Banano hasta que CORBANA a finales de los 80 e inicios de los 90 determino el nivel crítico de los diferentes nutrientes donde se determinó una serie de niveles en el suelo los cuales categoriza a los suelos como Bajos, Medios y Altos en cuanto a fertilidad los cuales son mostrados en la figura 23 (Espinosa y Mite 2012).

Se debe tener en cuenta que los niveles críticos tanto foliares como de suelo varían en relación a la solución extractora que se utiliza.

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 y Mite, 2012.

Figura 23. Niveles de los elementos en el suelo

Estos niveles pueden servir como una guía general de cuáles son las concentraciones óptimas de los elementos en el suelo, aunque no es una regla estricta que no permita salirse de los límites.

b. Muestreo de suelos

El muestreo de suelos es la parte esencial para tener los valores más acertados a la realidad del estado nutricional de un suelo, por lo cual es de suma importancia que se realice con cuidado ya que una cantidad de 1 kg puede llegar a representar hasta 10 ha. El procedimiento para llevarlo a cabo es el siguiente, (figura 24).

1. Se debe de hacer un reconocimiento del terreno, identificando que existan condiciones homogéneas tanto de pendiente, textura de suelo, vegetación, límites naturales como ríos o caminos, entre otros, lo cual representara una muestra.
2. En banano lo recomendable es que una muestra represente de 5 ha a 10 ha ya que áreas mayores pueden obtenerse datos muy generales.
3. Una muestra debe estar compuesta por sub-muestras las cuales son tomadas en toda el área delimitada, pueden ser tomadas en forma de una cuadrícula o ya sea al azar.



Fuente: Castrillo, 2005.

Figura 24. Forma de muestrear

4. Las sub-muestras deben de ser tomadas a la misma profundidad, que para banano se recomienda de (20 cm a 30 cm) raspando las paredes, además deben de tener el mismo volumen. Se pueden ir acumulando en un balde.
5. Las sub-muestras deben ser mezcladas y luego se divide la muestra en 4 haciendo una cruz e ir eliminando los cuartos opuestos hasta que nos quede una muestra de 1 kg.

Introducir la muestra en una bolsa de nylon y etiquetarla con el nombre de la finca, la fecha de muestreo, el cultivo, el área que abarca, la procedencia y el nombre del responsable (Ministerio de ambiente Peru 2014).

c. Análisis Foliar

Para la identificación de deficiencias nutricionales en banano existen dos mecanismos, uno es la observación directa de las partes vegetativas de las plantas, donde se debe tener alta experiencia para poder diagnosticar y se debe tener cuidado de no confundir deficiencias con ataque de plagas o enfermedades, y el segundo que es mediante un análisis químico de tejido vegetal.

En el diagnóstico visual es conveniente tomar en cuenta la movilidad que tienen los elementos dentro de las plantas ya que elementos como el N, P, K, y Mg, los síntomas se presentan en las hojas más viejas ya que los elementos se translocan del tejido viejo al tejido nuevo. Normalmente en banano se realizan labores de deshoje por enfermedades por lo cual no se observan deficiencias de estos elementos (Espinosa y Mite 2012).

En cuanto a los nutrimentos inmóviles, como el caso de S, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn, B y Mo se manifiestan las deficiencias en las hojas más jóvenes.

En el análisis químico es de gran utilidad para poder observar deficiencias antes de que estas se manifiesten y ya no pueda revertirse el daño, a lo que generalmente se le conoce como “hambre oculta”, por lo cual el análisis químico permite identificar deficiencias antes de que se manifiesten (Espinosa y Mite 2012).

Se han realizado muchos experimentos en el cultivo de banano para tratar de establecer los niveles críticos de cada uno de los nutrimentos. Esta información a ayudado a la toma decisiones en cuanto a los programas de nutrición de muchas de las bananeras de Latino América, así como el tipo de fertilizante a utilizar

En Costa Rica se ha encontrado que no existe una relación clara entre los análisis de suelo, análisis foliares y el estado de las plantaciones, encontrando que las concentraciones foliares eran similares en áreas de buen crecimiento como en áreas de menor crecimiento.

Al igual que en el análisis químico de suelo se debe de hacer una interpretación tomando en cuenta la relación entre los nutrimentos, debido a que en el cultivo de Banano se han demostrado que existen antagonismos y sinergismos entre elementos que afectan el rendimiento de las plantas. La relación antagónica más estudiada es K-Ca-Mg donde la elevación de un elemento reduce las concentraciones de los otros dos. En este caso se utilizan los ámbitos foliares de 3 % a 4 % K; 0.5 % a 1 % Ca; y 0.3 % a 0.4 % Mg, (figura 25).

K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	Sum	K	Ca	Mg
----- % -----			----- miliequivalentes ¹ -----				----- relativo % -----		
Zona Este									
3.1	0.64	0.30	79.3	31.9	24.7	135.9	58.3	23.5	18.2
3.0	0.61	0.28	76.7	30.4	23.0	130.2	58.9	23.4	17.7
3.0	0.65	0.33	76.7	32.4	27.1	136.2	56.3	23.8	19.9
3.1	0.62	0.32	79.3	30.9	26.3	136.5	58.1	22.6	19.3
3.2	0.60	0.32	81.8	29.9	26.3	138.1	59.3	21.7	19.1
3.0	0.67	0.32	76.7	33.4	26.3	136.5	56.2	24.5	19.3
3.5	0.53	0.30	89.5	26.4	24.7	140.6	63.6	18.8	17.5
3.2	0.81	0.37	81.8	40.4	30.4	152.7	53.6	26.5	19.9
2.7	0.61	0.29	69.0	30.4	23.8	123.3	56.0	24.7	19.3
3.1	0.73	0.34	79.3	36.4	28.0	143.7	55.2	25.4	19.5
3.8	0.47	0.26	97.2	23.4	21.4	142.0	68.4	16.5	15.0
4.0	0.52	0.31	102.3	26.0	25.5	153.7	66.5	16.9	16.6
Zona Oeste									
3.8	0.42	0.26	97.2	21.0	21.4	139.5	69.7	15.0	15.3
4.1	0.45	0.31	104.9	22.5	25.5	152.8	68.6	14.7	16.7
3.8	0.42	0.31	97.2	21.0	25.5	143.6	67.7	14.6	17.7
4.7	0.57	0.28	120.2	28.4	23.0	171.7	70.0	16.6	13.4
4.0	0.42	0.28	102.3	21.0	23.0	146.3	69.9	14.3	15.7
4.3	0.49	0.29	110.0	24.4	23.8	158.3	69.5	15.4	15.1
4.3	0.41	0.26	110.0	20.4	21.4	151.8	72.4	13.5	14.1
4.1	0.47	0.30	104.9	23.4	24.7	153.0	68.6	15.3	16.1
¹ meq K = % K / 0.039; meq Ca = % Ca / 0.020; meq Mg = % Mg / 0.012									

Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

Figura 25. Cálculo de las relaciones de equilibrio de los contenidos Ca-Mg-K en dos diferentes zonas de Costa Rica

Al igual que para el suelo en el tejido foliar también se han estudiado niveles críticos que ayudan a las diferentes fincas productoras a guiarse en cuanto a las concentraciones de los elementos.

En la figura 26 se pueden observar los niveles críticos del contenido nutricional de las hojas en tres diferentes partes, con lo cual se espera que las plantaciones en cualquier área no cuenten con concentraciones menores a esos niveles, y así obtener buenos rendimientos.

Nutriente		Lámina (Hoja 3)	Nervadura central (Hoja 3)	Pecíolo (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	-	-

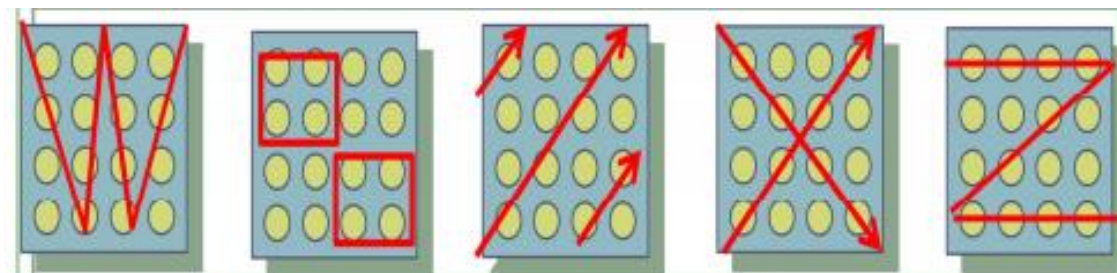
Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

Figura 26. Niveles críticos tentativos en diferentes tejidos de plantas de Banano completamente desarrolladas

d. Muestreo de tejido foliar en banano

Para realizar el muestreo foliar se deben buscar plantas que recientemente un día máximo les allá brotado su inflorescencia debido a que es cuando la planta presenta su madurez fisiológica (Sáenz y Mantilla 2002).

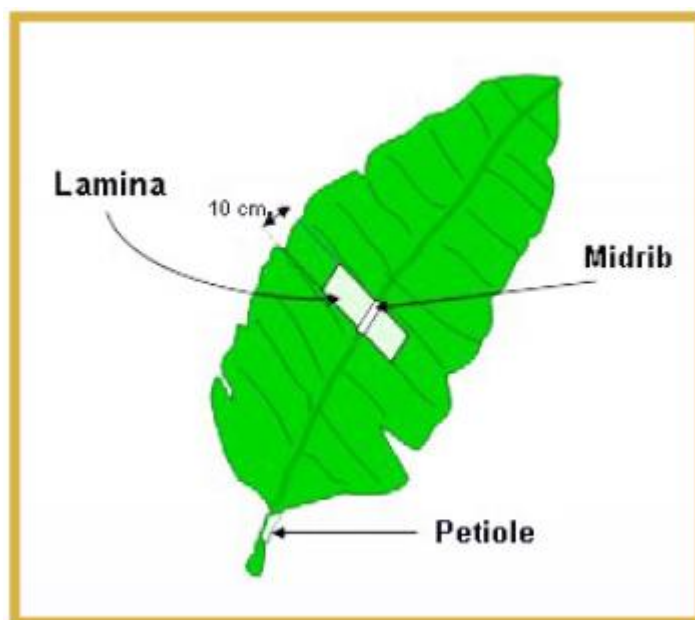
Se debe llevar una muestra de 0.3 kg por muestra, en bolsas plásticas perforadas y debidamente identificadas al laboratorio. Para completar los 0.3 kg se deben de tomar mínimo 8 plantas/ha y no más de 10-12 ha/muestra, en una distribución que puede seguir los patrones que se muestran en la figura 27 (Lozano 2008).



Fuente: Lozano, 2008.

Figura 27. Patrones de muestreo de plantas

Luego de tener identificadas las plantas a muestrear se debe seleccionar la tercera hoja de arriba hacia abajo, esta hoja se considera que no es ni joven ni vieja por lo cual nos arroja buenos resultados. De la tercera hoja si se quiere realizar un análisis profundo se deben tomar tres partes, la lámina a los dos lados de la nervadura, la nervadura y el peciolo como se muestra en la figura 28.



Fuente: Haifa, 2012.

Figura 28. Método internacional de referencia de muestreo foliar de plantas de banano

I. Dinámica de los nutrientes en el cultivo de banano

a. Nitrógeno (N)

El nitrógeno es el elemento que se encuentra en mayor cantidad en las plantas de banano debido a la alta cantidad de hojas que las plantas desarrollan, este participa en proteínas y principalmente en el proceso de fotosíntesis lo cual permite la creación de energía con el fin de producción de frutos. Las plantas que presentan deficiencias de nitrógeno producen solamente 7 hojas y 23 días para el desarrollo, mientras que las plantas con una buena absorción de nitrógeno producen normalmente 17 hojas y se desarrollan en 10 días. (Haifa 2012). Lahav y Turner (1992) citado por Bazurto (2016) exponen que el contenido de N dentro de la planta de banano debe ser entre el 1 % al 6 % en peso seco.

El nitrógeno puede considerarse como uno de los más móviles en el suelo y existen diferentes mecanismos de entrada como lo son: descomposición de materiales orgánicos, fijación mediante microorganismos, fijación no simbiótica, aplicación de fertilizantes orgánicos y no orgánicos entre otros, además existen una gran cantidad de formas en las cuales se puede perder como: absorción, volatilización, desnitrificación, lixiviación, inmovilización (representada por la biomasa microbial) y erosión (Bazurto 2016).

La principal fuente o entrada de nitrógeno al suelo es la Materia Orgánica, la cual está directamente relacionada con la acción microbiana que actúa sobre ella y pasa de ser un nitrógeno orgánico a un nitrógeno inorgánico el cual ya puede ser absorbido por las plantas mediante un proceso conocido como la mineralización, donde el nitrógeno orgánico pasa a formas inorgánicas nitratos o ion amonio.

- **Síntomas de deficiencia de Nitrógeno.**

Los síntomas característicos de deficiencia de nitrógeno son amarillamiento o clorosis de las plantas figura 29, tamaño más pequeño de las hojas, los peciolos muestran una coloración rosácea, se reduce el número de chupones y se presentan racimos pequeños.



Fuente: elaboración propia, 2018 y Haifa, 2012.

Figura 29. Amarillamiento y peciolo rosáceo por deficiencia de N

b. Potasio (K)

Es considerado como el elemento más importante en la nutrición del banano debido a que su fruto contiene altas concentraciones de este y por lo cual es altamente extraído del suelo (Espinosa y Mite 2012). Se estima que la extracción por año de K elemental es de 400 kg (480 kg de K_2O) por hectárea con una producción promedio de 70 T de fruta (Haifa 2012). En esto no se consideran pérdidas que pueden aumentar las necesidades de aplicar potasio en grandes cantidades en el suelo, por lo cual como se muestra en el cuadro 40 el requerimiento puede llegar a ser de hasta 650 kg/ha/año.

El banano contiene un alto contenido de vitaminas y minerales pero su popularidad se debe a que la fruta contiene hasta (370 mg/100 g de pulpa), con lo cual se puede ayudar a satisfacer con el requerimiento humano diario (2,000 mg a 6,000 mg K/día) (Lopez y Espinoza 2014).

El potasio participa en la apertura y cierre de estomas lo cual ayuda a mantener hidratada las plantas, translocación de azúcares, síntesis de celulosa, en el fruto ayuda a evitar rajaduras en el fruto dándole firmeza a las paredes celulares, ayuda a evitar pérdidas por fricción y mal manejo (Gauggel y Arevalo 2010).

- **Síntomas de deficiencia de Potasio**

Los síntomas en un suelo bien manejado con ciclos de fertilización estables y adecuados raramente se manifestarán, pero los más comunes son los que se presentan a continuación, aunque no deben confundirse con ataque de enfermedades o plagas.

- Clorosis de las hojas: Es el síntoma más característico debido a que la punta de las hojas viejas se torna amarillento y avanza hacia la base, con el tiempo la hoja se curva para dentro y muere, (figura 30).



Fuente: Haifa, 2012.

Figura 30. Clorosis deficiencia de Potasio

- Deformación del racimo: Se presentan racimos con poco grado, tamaño y mal formados por la falta de llenado debido a la escases de Potasio, (figura 31).



Fuente: elaboración propia, 2018.

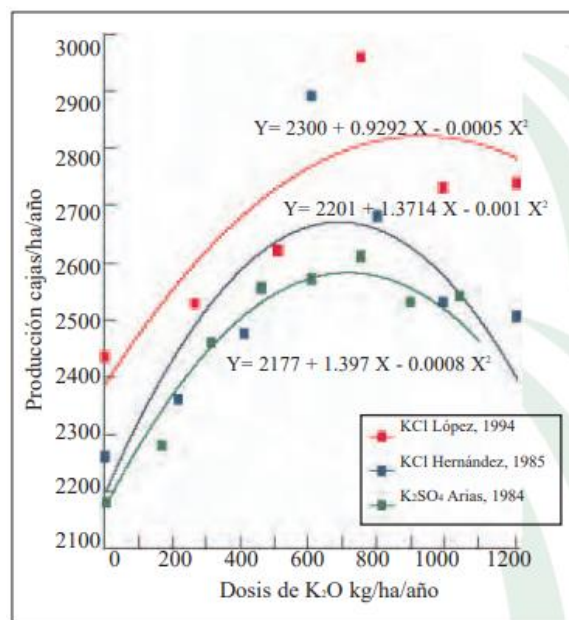
Figura 31. Deformación de dedos por deficiencia de Potasio

- Crecimiento lento: Plantas achaparradas es común cuando existe una deficiencia de Potasio, ya que los entrenudos se vuelven más cortos, lo que comúnmente se conoce como arrellamiento (Haifa 2012).

Se debe tener cuidado también con las aplicaciones excesivas de Potasio ya que puede tener repercusiones en el equilibrio de la relación MgO/K_2O en el suelo también en la relación Ca/K , puede presentarse una azulado en las hojas y una deficiencia de Magnesio.

- **Respuesta del banano a fuentes y dosis de Potasio**

En Costa Rica se han hecho algunas evaluaciones donde se aplicaron diferentes dosis de fertilizantes de diferentes fuentes, con lo cual se obtuvo una recomendación de aplicación en el área centroamericana dichos resultados se presentan en la figura 32.



Fuente: Lopez y Espinoza, 2014.

Figura 32. Respuesta de banano a fuentes y dosis de K

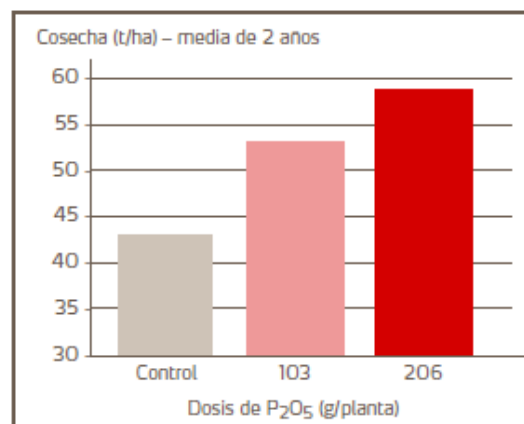
Como se puede observar la dosis que más retorno económico representa se encuentra en 600 kg y kg 675 k_2O /ha/año por lo cual no se recomienda utilizar dosis mayores debido a que pueden afectarse el equilibrio de los otros elementos del suelo.

c. Fosforo (P)

Muy importante en la molécula de ATP, formando los ácidos nucleicos con lo cual participa directamente en el movimiento y en el almacenamiento de energía en la planta. Está relacionado con el crecimiento de raíces tanto primarias como secundarias y con la formación de las flores, por lo cual es un elemento importante tanto en etapa de plantilla como durante todo el ciclo del cultivo.

El fósforo en muchos otros cultivos es considerado como un macronutriente muy importante, (Yara *et al.* 2014). Debido a que el fósforo únicamente es utilizado en las primeras etapas vegetativas del cultivo donde se requiere de altas concentraciones de energía (Espinosa y Mite 2012).

Los requerimientos de fósforo en el suelo no son tan exigentes por el cultivo ya que únicamente se necesitan de 75 a 150 kg P/ha*año (Gauggel y Arevalo 2010). En búsqueda de una dosis óptima en la India se realizó un estudio donde se evaluó la relación entre el fósforo y la cosecha el cual se muestra en la figura 33.



Fuente: Chattopadhyay & Bose, 1986 citado por Yara *et al.*, 2014

Figura 33. Fósforo y cosecha Giant Gomedor India

En este estudio se puede observar que a dosis crecientes se tiene una relación directamente proporcional con la cosecha, con lo cual existe un aumento en las toneladas por hectárea al realizar un aumento en la dosis por planta de P₂O₅.

- **Síntomas de deficiencia del fósforo**

El más característico es un sistema radicular muy pobre por lo cual se deben realizar muestreos periódicos para determinar dicho problema, mientras que en el área foliar se nota una necrosis en forma de sierra. El fósforo es un elemento sumamente inmóvil en el suelo por lo cual se deben realizar aplicaciones de fertilizantes cuya composición no permita que existan reacciones con elementos como el Al o el Fe ya que se ve fijado por las arcillas del suelo y puede provocar síntomas de deficiencia, por lo cual al momento de la aplicación se recomienda focalizar el fertilizante y evitar que este sea fijado (Espinosa y Mite 2012).

d. Calcio (Ca)

Es un macro elemento secundario muy importante debido a que participa directamente en la estructura general de la planta y en la vida en anaquel de las frutas. La calidad de la fruta está relacionada también con una buena concentración de calcio en las paredes celulares de los frutos ya que este se encuentra presente como pectato cálcico, sabiendo que el calcio va de la mano del Boro el cual ayuda a la absorción de Ca por lo cual una deficiencia de Boro repercutiría en una deficiencia de Calcio en las plantas (Haifa 2012).

Generalmente es muy común observar en los programas de nutrición de banano que no se realizan aplicaciones debido a que el cultivo lo requiere en cantidades no tan abundantes y los suelos contienen buenas cantidades de calcio.

En los suelos de la región por tener buenas concentraciones del elemento es muy difícil observar deficiencias visualmente, también se suelen observar deficiencias donde la capacidad de intercambio catiónico es baja debido a que es un elemento catiónico Ca⁺²,

muy retenido por las arcillas y materia orgánica en el suelo lo cual lo vuelven poco móvil en el suelo más una baja CIC, no es absorbido por las plantas.

Se realizó un ensaño donde se pretendía evaluar la relación entre la concentración de calcio y la “mancha de madurez” que presentan los frutos, dando como resultado que cuando existe baja concentración de calcio en el suelo y en época seca se presenta la mancha de madurez.

En este ensayo se evaluaron diferentes dosis de nitrato de calcio como se muestra en la figura 34.

Dosis $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Fruta perdida (kg)	Número de manos con MM	Frutos/mano con MM
0	1,64 a	3,15 a	1,62 a
200	0,72 b	2,28 b	1,47 b
400	0,91 b	2,12 b	1,37 b
600	1,35 ab	2,80 b	1,95 b
Significancia ($\text{Pr} > \text{F}$)	*	*	*

Fuente: Díaz *et al.*, 2007.

Figura 34. Efecto del nitrato de calcio en la incidencia de la mancha de madurez (Brown *et al.*) y las pérdidas de fruta exportable

Como se puede observar las dosis que presentan los mejores resultados son 200 kg/ha y 400 kg/ha disminuyendo la incidencia de la mancha de madurez en la época de verano con un buen suministro de agua.

e. Magnesio (Mg)

La fotosíntesis necesita de Mg indiscutiblemente ya que este forma parte central de las moléculas de clorofila, por lo cual sin este elemento la fotosíntesis no podría llevarse a cabo y todos los procesos metabólicos de las plantas se estancarían, al igual que el Ca este funciona como activador de una serie de enzimas, carbohidratos y proteínas (Espinosa y Mite 2012).

- **Síntomas de deficiencia del Magnesio**

Se tiende a tener una cierta confusión en cuanto a la deficiencia producida por el nitrógeno y la producida por el magnesio debido a que ambos elementos participan en el proceso de la fotosíntesis por lo cual el primer síntoma es la clorosis en las hojas.

La clorosis en la parte central de las hojas más viejas es uno de los síntomas más presentados, plantas arrosetadas con muchas hojas en el ápice lo cual da una apariencia de mal formación de tejido foliar. Otro síntoma característico es que los peciolo de las hojas se tornan azul-púrpura (Espinosa y Mite 2012), (figura 35).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35. Síntomas de deficiencia de Magnesio

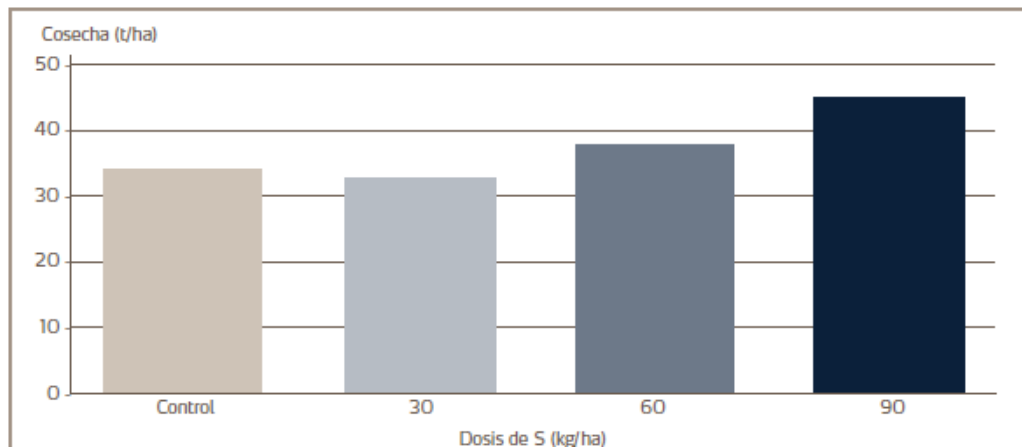
Una causa muy común de las deficiencias es un desbalance entre K-Ca-Mg donde las concentraciones de K y Ca se encuentren muy elevadas y provocan que la planta no puede absorber Mg y se presenten los síntomas por deficiencia, pero no es que no exista magnesio en el suelo, sino que únicamente está inactivo por un desequilibrio de cationes.

f. Azufre (S)

La función más importante del azufre dentro de las plantas es su participación en la estructura de las proteínas que a su vez forman aminoácidos, también es componente importante de una serie de vitaminas (Lopez 1994). Es importante en la molécula de clorofila y la formación de ATP proporcionándole energía a las plantas esperando obtener altos rendimientos (Haifa 2012).

La absorción más rápida del azufre ocurre entre la selección de los hijos y la floración y la mayor parte del azufre se concentra en las hojas, después de la floración nada de azufre es tomado y solo 0.3 kg/T es retirado en el fruto (Yara *et al.* 2014).

Según un estudio realizado en Colombia se obtuvo que a mayor dosis de azufre es aplicado mayores son los rendimientos de la cosecha (T/ha), (figura 36).



Fuente: Espinosa y Benalcázar 2,000 citado por Yara *et al.*, 2014.

Figura 36. Azufre y Cosecha Hartón Colombia

- **Síntomas de Deficiencia del Azufre**

Los síntomas de deficiencia visual de S fueron descritos en 1965 por Charpantier y Martin-Prevél. Luego en 1972, Marchal, Martin-Prevel y Melfn amplian esta descripción (Espinosa y Mite 2012).

El azufre es un elemento móvil dentro de la planta por lo cual sus síntomas se pueden observar en las hojas más jóvenes de las plantas, mostrando un blanco amarillento (Espinosa y Mite 2012). Ahora si la deficiencia es muy fuerte se forman parches necróticos en los márgenes de las hojas (Lopez 1994).

En plantaciones de la región de Tiquisate rara vez se podrán observar síntomas de deficiencia de azufre debido a que son aplicados fertilizantes basados en este elemento como Sulfato de Amonio, Sulfato de Potasio o Sulfato de Magnesio, además las plantas con forme van creciendo en edad exploran más superficie del suelo lo cual genera que tengan mayor absorción del elemento (figura 37).



Fuente: Yara *et al.* 2014

Figura 37. Síntomas de deficiencias de Azufre en plantía

g. Zinc (Zn)

La función principal del Zinc es activar enzimas las cuales catalizan una reacción y así el metabolismo de las plantas poder funcionar, regula las relaciones del agua, mejora la integridad de las membranas celulares (Haifa 2012). El Zinc es muy importante en el crecimiento de las plantas y contribuye a obtener buenas cosechas.

- **Síntomas de deficiencia de Zinc**

De los ocho elementos menores las deficiencias de zinc son las más reportadas en el mundo (Espinosa y Mite 2012), debido a que según análisis de suelos su disponibilidad es muy baja aunque en ciertas regiones no se presenta dicho problema. En suelos con alta concentración de fosforo y en condiciones acidas puede o no estar disponible (Yara *et al.* 2014).

Visualmente la deficiencia de Zinc se observa como un rayado en la hoja (figura 38), el cual podría confundirse con un ataque por virus o por una mala aplicación de herbicida con lo cual se debe de tener mucho cuidado (Espinosa y Mite 2012). Se sabe que las deficiencias pueden no afectar las producciones del primer año pero si las producciones siguientes (Yara *et al.* 2014).



Fuente: Espinosa y Mite, 2012.

Figura 38. Síntomas de deficiencias de Zn conocido como "Rayadilla"

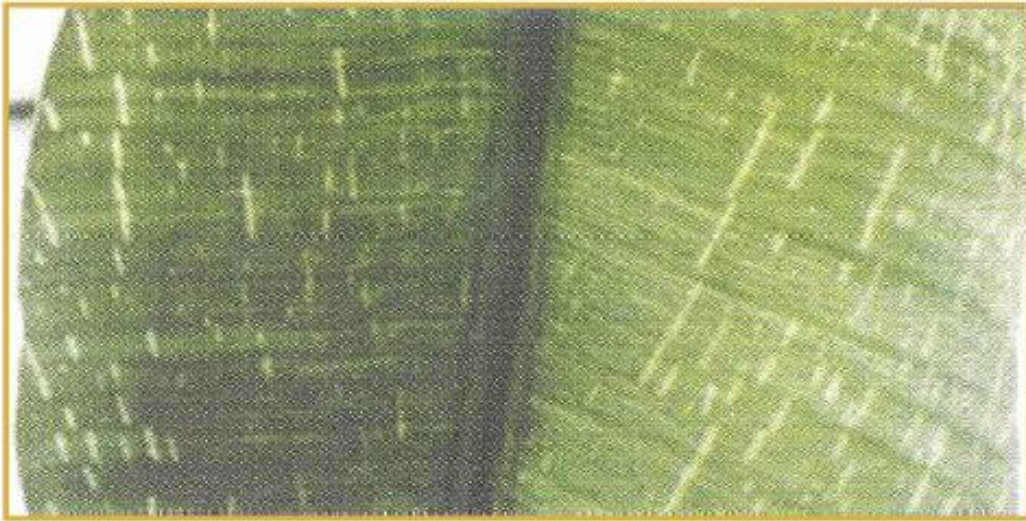
El Zinc normalmente en las plantaciones es aplicado vía foliar con lo cual se recomienda que la concentración este entre 20 mg/kg y 35 mg/kg, aunque también en el suelo pueden ser aplicados como quelatos o sulfatos de Zinc (Gauggel y Arevalo 2010).

h. Boro (B)

Es un importante conductor de azúcares a lo largo de las membranas celulares, al igual que el calcio participa en la integridad y síntesis de las membranas celulares, participa en el desarrollo de la reproducción de las plantas, específicamente en la formación de flores, (Brown *et al.* 2002). Juega un papel importante en la absorción y movimiento del Calcio, por lo cual una deficiencia de calcio puede combatirse también con un buen suministro de Boro (Haifa 2012). El Boro es absorbido por la planta como H_3BO_3 y B (Díaz *et al.* 2007), y no se translocan fácilmente de un órgano a otro (Espinosa y Mite 2012).

Dentro de la zona se realizan aplicaciones de Boro de 3 kg/ha/año a 5 kg/ha/año ya que la absorción por planta está entre 40 mg/mes (Yara *et al.* 2014), lo cual es un requerimiento muy bajo pero muy necesario para asegurar buenas cosechas.

Una deficiencia o toxicidad en el caso del Boro pueden expresarse con facilidad debido a que el rango entre estos es muy corto (Reid *et al.* 2004), algunos síntomas de deficiencias son comunes encontrarlos en suelos ácidos, rayas blancas perpendiculares a las venas, mal formación de las hojas, un bajo desarrollo del racimo y mal formación en los frutos, (figura 39).

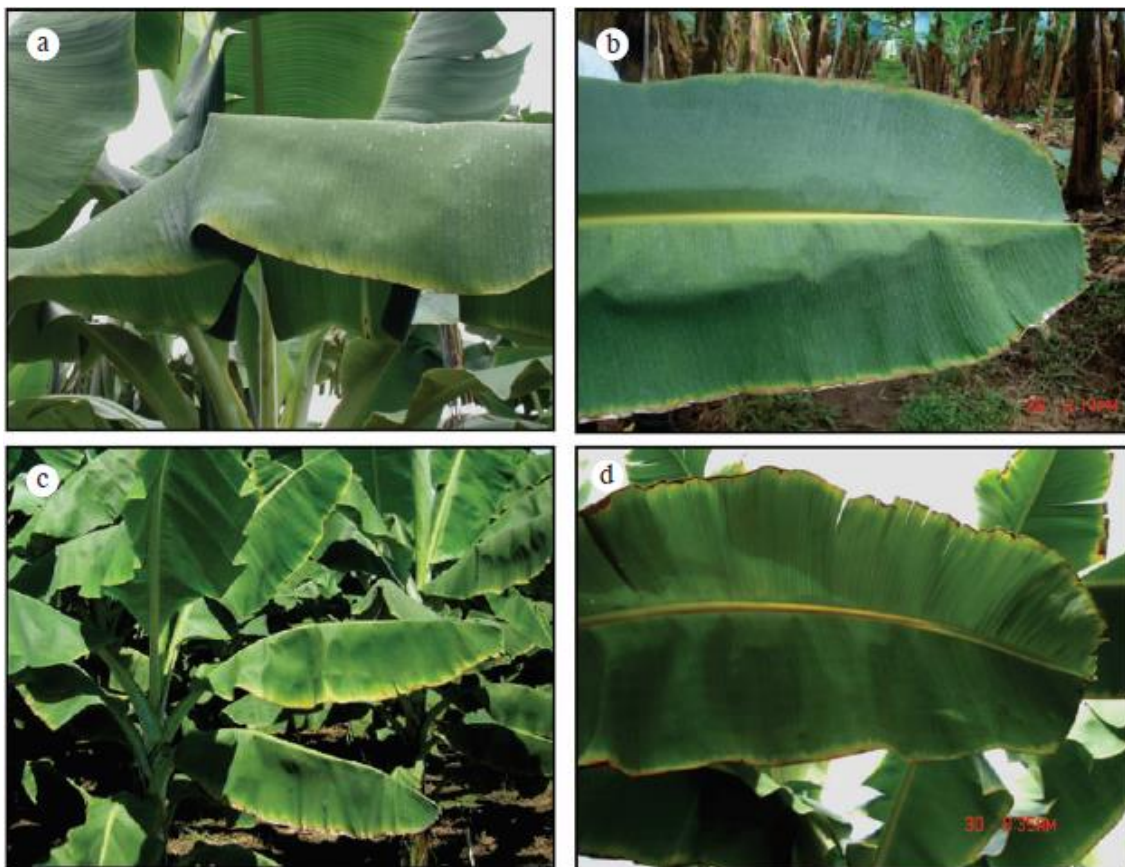


Fuente: Haifa, 2012.

Figura 39. Deficiencia de Boro, rayas perpendiculares a las nervaduras

Aunque el Boro también puede provocar toxicidades en las plantas debido a aplicación de altas concentraciones o por aplicaciones muy frecuentes de Boro, en donde los síntomas característicos son necrosis marginal irregular y continua de color café y apariencia seca, la cual se desarrolló por una clorosis que avanzó del margen de la hoja hacia el interior, la toxicidad se presenta tanto en plantas jóvenes como en plantas florecidas aunque en las jóvenes se presenta con menor intensidad (Vargas *et al.* 2007).

Se debe tener cuidado de no confundir la toxicidad de Boro con una deficiencia de Potasio por la excesiva aplicación de Nitrógeno en forma de Amonio, la cual causa que las plantas no puedan absorber el potasio y se formen necrosis en los márgenes de las hojas, parecidos a los síntomas de toxicidad que se muestran en la figura 40.



Fuente: Vargas *et al.*, 2007.

Figura 40. Hojas de Banano con toxicidad de Boro

Para obtener altos rendimientos en las plantaciones es sumamente importante contar con programas de nutrición, basados en requerimientos del cultivo y análisis de suelos, aunque siempre se recomienda aplicar la totalidad del requerimiento ya que existen una gran cantidad de pérdidas durante el proceso de fertilización, la mayoría de macro y micronutrientes a excepción del fosforo pueden ser lixiviados o evaporados, proporcionando pérdidas de hasta el 40 % al 60 % de lo aplicado, donde con aplicaciones más fraccionadas ayudan a combatir dicho problema. Los programas deben de ser elaborados pensando en no producir un desbalance principalmente en las bases del suelo, estos programas también deben de cumplirse a cabalidad y no presentar atrasos así no presentar problemas de deficiencias en las plantas. Una buena nutrición acompañada de riego y un buen manejo del cultivo aseguran muy buenas producciones.

3.2.4 CONCLUSIONES

1. Una correcta ejecución del muestreo de suelo y foliar en banano, un buen laboratorio que utilice las soluciones extractoras que más se adapten a las condiciones del cultivo y una interpretación basados en niveles críticos, experiencias y estudios previos, son fundamentales para tener un buen panorama real de las condiciones nutricionales tanto del suelo como de nuestro cultivo.
2. Diferentes autores publican diferentes requerimientos, aunque siempre muy cercanos entre ellos. Se citaron los requerimientos que más se adaptan a la realidad de la zona, donde el Potasio es el elemento más requerido por el banano, aunque es importante siempre llenar los requerimientos de los demás elementos esenciales.
3. Cada uno de los elementos cumple funciones esenciales en las plantas que en concentraciones ideales se obtienen altos rendimientos (3,500 cajas/ha/año). En etapas vegetativas el Nitrógeno y el Magnesio participan en procesos como la fotosíntesis, el Fosforo actúa en el enraizamiento y creación de energía, el Potasio muy importante en el llenado de fruto y los macroelementos secundarios y los micro elementos que actúan en procesos de estructura celular, metabolismo, floración y fructificación.

3.2.5 RECOMENDACIONES

1. Capacitar al personal para la realización adecuada de los muestreos de suelo y foliar así asegurar que los resultados se ajusten a la realidad.
2. Realizar por lo mínimo tres análisis foliares y de suelos representativos de cada área al año, así llevar una secuencia del estado nutricional tanto de los suelos como del cultivo.

3. Aplicar el 100% de los requerimientos nutricionales del cultivo, pensando que se necesita recuperar lo extraído por el cultivo durante el año, que existen pérdidas por aplicación de los fertilizantes y que los suelos son muy dinámicos.
4. Identificar posibles deficiencias o toxicidades provocadas por los elementos, ya que pueden ocasionar una reducción en la producción por lo cual tener menor rentabilidad.

3.3 Servicio 2: Análisis de agua de las dos fuentes que abastecen la finca Tolimán en época de verano y época de invierno

3.3.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

Determinar la composición mineral de las dos fuentes de agua que abastecen en época de verano y época de invierno el riego de la finca Tolimán, Tiquisate Escuintla.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la composición mineral del agua de las dos fuentes que abastecen la finca.
2. Determinar la clasificación del agua con fines de riego de las dos fuentes que abastecen la finca.
3. Identificar diferencias entre la composición mineral de las dos fuentes de agua en época de verano con la época de invierno.

3.3.2 METODOLOGÍA

Se tomó una muestra de un litro de agua de cada una de las fuentes de agua que abastecen la finca Tolimán, las primeras dos muestras se tomaron en el mes de abril antes del invierno, y las segundas muestras en el mes de junio, cuando se estaba en tiempo de invierno. Las muestras se tomaron en las entradas de agua a la finca para evitar que exista alguna alteración del agua en su trascurso.

Dichas muestras fueron llevadas al laboratorio donde se les realizó un análisis físico-químico de aguas con fines de riego, en donde en un tiempo de 10 días avilés se obtuvieron los resultados.

Ya con los resultados, se procedió a realizar un análisis de la composición mineral y de los indicadores determinados por el laboratorio, con los cuales envase a manuales y guías se realizó una descripción de la calidad del agua con fines de riego.

3.3.3 RESULTADOS

Las muestras tomadas fueron analizadas por un laboratorio certificado y se obtuvieron los resultados que se muestran en los cuadros 41 al 44, los cuales contienen una descripción del agua con fines de riego.

Cuadro 41. Análisis de agua con fines de riego. En época de verano, fuente1

Parámetros		Rango Adecuado	Nivel	
Ph	6.5	5 a 6.8	Normal	
C.S	0.17 dS/m	1 a 3 dS/m	Normal	
R.A.S	0.53	< 4	Normal	
Dureza	51 mg/L CaCO	< 150	Adecuado	
Alcalinidad Total	60 mg/L CaCO	< 150	Adecuado	
Elemento		mg/L	Rango Normal	Nivel
Nitrógeno	N-NO3	0.12	0-21	Normal
Fósforo	P	0.28	0-5	Normal
Potasio	K	3.31	0-70	Normal
Calcio	Ca	10.25	0-121	Normal
Magnesio	Mg	6.18	0-25	Normal
Boro	B	0.09	0-0.5	Normal
Cobre	Cu	0.02	0-0.2	Normal
Hierro	Fe	0.47	0-0.2	Excesivo
Manganeso	Mn	0.01	0-0.2	Normal
Zinc	Zn	0.02	0-0.5	Normal
Sodio	Na	8.78	0-60	Normal
Carbonatos	CO3	5	0-5	Normal
Bicarbonatos	HCO3	60	0-183	Normal

Cuadro 42. Análisis de agua con fines de riego. En época de verano, fuente 2

Parámetros		Rango Adecuado	Nivel	
pH	6.7	5 a 6.8	Normal	
C.S	0.16 dS/m	1 a 3 dS/m	Normal	
R.A.S	0.54	< 4	Normal	
Dureza	53.1 mg/L CaCO	< 150	Adecuado	
Alcalinidad Total	50 mg/L CaCO	< 150	Adecuado	
Elemento		mg/L	Rango Normal	Nivel
Nitrógeno	N-NO3	0.19	0-21	Normal
Fósforo	P	0.3	0-5	Normal
Potasio	K	3.39	0-70	Normal
Calcio	Ca	10.7	0-121	Normal
Magnesio	Mg	6.42	0-25	Normal
Boro	B	0.9	0-0.5	Normal
Cobre	Cu	0.02	0-0.2	Normal
Hierro	Fe	0.5	0-0.2	Excesivo
Manganeso	Mn	0.01	0-0.2	Normal
Zinc	Zn	0.02	0-0.5	Normal
Sodio	Na	9.01	0-60	Normal
Carbonatos	CO3	5	0-5	Normal
Bicarbonatos	HCO3	50	0-183	Normal

Como se puede observar en el cuadro 41 y 42 los indicadores calculados están dentro del rango normal, donde la concentración de sales (C.S) está por muy debajo del Rango Adecuado con lo cual es agua de excelente calidad para riego (Cardeñosa 1995). Con lo cual por parte del agua de riego de esta fuente no se tendrán problemas de salinidad en el suelo. La baja salinidad en el agua se puede confirmar con la R.A.S la cual se encuentra por debajo también del nivel adecuado con lo cual se evitarán aplicaciones periódicas de

Yeso. Aunque se debe tener cuidado ya que la concentración de sales es muy baja y esto puede disminuir la permeabilidad del suelo debido a que el agua se vuelve corrosiva y puede comenzar a lavar la superficie y dejarla sin minerales y sales especialmente el Calcio, con lo cual puede producirse un efecto desestabilizador en el suelo modificando las concentraciones de Magnesio y Potasio (García 2012), esto mismo aplica para los demás resultados que se mostraran a continuación.

El pH se encuentra del rango normal por lo cual contribuye a mantener el equilibrio iónico dentro del suelo y evitar desbalances, además tampoco contribuye con la salinización del suelo o acidificación. El pH además ayuda a que las pequeñas concentraciones de minerales que son aplicadas mediante el agua de riego sean absorbidas ya que es el mejor rango para absorción de nutrientes.

La dureza del agua también se encuentra dentro de los rangos adecuados por lo cual, se entiende que las concentraciones de elementos como calcio, magnesio, hierro, Aluminio y compuestos como los carbonatos se encuentran en niveles que no afectan al cultivo ni a las tuberías de conducción del agua de riego.

Dentro de la composición mineral del agua, el único elemento que podría causar algún tipo de problemas es el hierro debido a que se encuentra muy por encima del rango adecuado y se categoriza como excesiva, lo cual puede afectar en el equilibrio de los iones dentro del suelo, y provocar posibles toxicidades por hierro, puede contribuir a la disminución del pH con lo cual se pueden volver activos elementos como el aluminio y tener problemas con la plantación.

El hierro también puede causar problemas en la tubería de conducción, en los emisores, válvulas de paso, motores de propulsión entre otros. En contacto con el agua se pueden formar hidróxidos comúnmente conocidos como óxidos insolubles. Bacterias en contacto con el hierro, transforman el hierro ferroso en hierro férrico con lo cual las tuberías muestran un revestimiento viscoso (AZUD 2012). Todo este taponamiento se traduce en el aumento

de mantenimiento para la eliminación o reducción de material obstructivo o viscoso en tuberías o aspersores.

Cuadro 43. Análisis de agua con fines de riego. En época de invierno, fuente1

Parámetros		Rango Adecuado	Nivel	
pH	6.7	5 a 6.8	Normal	
C.S	0.15 dS/m	1 a 3 dS/m	Normal	
R.A.S	0.47	< 4	Normal	
Dureza	47.8 mg/L CaCO	< 150	Adecuado	
Alcalinidad Total	47.5 mg/L CaCO	< 150	Adecuado	
Elemento		mg/L	Rango Normal	Nivel
Nitrógeno	N-NO3	0.82	0-21	Normal
Fósforo	P	0.2	0-5	Normal
Potasio	K	3.24	0-70	Normal
Calcio	Ca	10.37	0-121	Normal
Magnesio	Mg	5.33	0-25	Normal
Boro	B	0.09	0-0.5	Normal
Cobre	Cu	0.02	0-0.2	Normal
Hierro	Fe	0.33	0-0.2	Alto
Manganeso	Mn	0.01	0-0.2	Normal
Zinc	Zn	0.02	0-0.5	Normal
Sodio	Na	7.53	0-60	Normal
Carbonatos	CO3	5	0-5	Normal
Bicarbonatos	HCO3	57.97	0-183	Normal

Cuadro 44. Análisis de agua con fines de riego. En época de invierno, fuente 2

Parámetros		Rango Adecuado	Nivel	
pH	6.8	5 a 6.8	Normal	
C.S	0.17 dS/m	1 a 3 dS/m	Normal	
R.A.S	0.48	< 4	Normal	
Dureza	60.9 mg/L CaCO	< 150	Adecuado	
Alcalinidad Total	60 mg/L CaCO	< 150	Adecuado	
Elemento		mg/L	Rango Normal	Nivel
Nitrógeno	N-NO3	0.87	0-21	Normal
Fósforo	P	0.2	0-5	Normal
Potasio	K	3.65	0-70	Normal
Calcio	Ca	14.47	0-121	Normal
Magnesio	Mg	7.23	0-25	Normal
Boro	B	0.09	0-0.5	Normal
Cobre	Cu	0.02	0-0.2	Normal
Hierro	Fe	0.33	0-0.2	Alto
Manganeso	Mn	0.01	0-0.2	Normal
Zinc	Zn	0.02	0-0.5	Normal
Sodio	Na	8.61	0-60	Normal
Carbonatos	CO3	5	0-5	Normal
Bicarbonatos	HCO3	73.22	0-183	Normal

En el cuadro 43 y 44 se presentan los resultados de los análisis de agua en época de invierno, donde en la concentración de sales (C.S) también se encuentra dentro del rango adecuado al igual en época de verano por lo cual el agua sigue siendo catalogada de excelente calidad (CSR servicios 2006). Por lo cual en épocas de invierno tampoco se esperan problemas de salinidad. Tanto en época de invierno como en época de verano no

se esperan problemas con sales, por lo cual no se debería de observar suelos con costras blancuzcas o toxicidades como arrollamiento en las plantas de banano.

En ambas fuentes en época de invierno el pH se encuentra dentro del rango normal, aunque un poco superior al pH en época de verano, pero no es significativo y no se excede de los rangos adecuados. Estos pequeños cambios se pudieran atribuir al arrastre de tierras que existe en época de invierno por parte de los ríos los cuales pueden aumentar el nivel de carbonatos en el agua y aumentar el pH de la misma. Es muy importante monitorear el pH del agua ya que este puede afectar el pH del suelo y repercutir directamente en la absorción de nutrientes para las plantas.

La dureza del agua también se encuentra dentro de los rangos adecuados por lo cual, se entiende que las concentraciones de elementos como calcio, magnesio, hierro, Aluminio y compuestos como los carbonatos se encuentran en niveles que no afectan al cultivo ni a las tuberías de conducción del agua de riego.

Al igual que en los análisis realizados en época de verano el elemento que presenta un cierto problema es el hierro debido a que se encuentra sobre los rangos adecuados y en la categoría de alto, lo cual puede causar las consecuencias que se describieron anteriormente.

Se debe tomar muy en cuenta el nivel alto y excesivo del hierro debido a que con el tiempo la eficiencia de aplicación y de distribución del sistema de riego por aspersión ira disminuyendo, posiblemente causando en estrés hídrico en algunas plantas donde se tengan taponamiento de tuberías o de aspersores.

3.3.4 CONCLUSIONES

1. Dentro de la composición mineral de los análisis tanto en época de verano como en época de invierno en ambas fuentes de agua que abastecen el riego de la finca se

encontró, no existen problemas de carbonatos o bicarbonatos con lo cual no se espera una posible alcalinización del suelo por estos elementos, el único elemento que presenta concentración alta en época de invierno y Excesivo en época de verano es el hierro el cual puede causar problemas tanto a nivel de suelo como a nivel de infraestructura.

2. Haciendo uso de la clasificación de agua para riego del laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Riverside, California; basados en la concentración de sólidos (C.S) y en la relación de adsorción de Sodio (R.A.S), se clasifican las cuatro aguas en la categoría de C1-S1 la cual es un agua con baja salinidad apta para riego en todos los casos, aunque puede presentar problemas en suelos de muy baja permeabilidad, además presenta muy baja concentración de sodio y únicamente podrían presentarse problemas en cultivos con extrema sensibilidad a sales. (Illescas 2002).
3. No se encontraron diferencias significativas en la composición mineral y los índices indicadores en el agua para riego, tanto en época de verano como en época de invierno de la finca Tolimán.

3.3.5 RECOMENDACIONES

1. Realizar mantenimiento periódico a los motores de riego, tubería de conducción y aspersores, para evitar taponamientos, desgaste, o pérdidas totales por hidróxidos insolubles.
2. En la medida de lo factible realizar un filtrado de metales pesados como hierro mediante, técnicas de filtrado mediante una membrana, Electrodiálisis, Osmosis inversa, Nano filtración, la más convencional que es la Adsorción o Carbón activo, pudiendo evitar daños al suelo e infraestructura.

3. Considerar que en suelos poco permeables puede producirse un lavado de elementos como el Calcio debido a tan baja concentración de sólidos que contiene el agua, produciendo un desequilibrio entre las relaciones Calcio, Magnesio y Potasio.

3.4 Servicio 3: Comparación de dos programas de nutrición en dos áreas diferentes pertenecientes a la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.

3.4.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar el efecto de los programas de nutrición, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de banano (*Musa sapientum* L.) en un suelo molisol, para incrementar la producción en la finca "Tolimán", Tiquisate, Escuintla.

B. Objetivos específicos

1. Determinar cuál de los dos programas de nutrición propuestos, produce los mayores rendimientos.
2. Evaluar si alguno de los dos programas de nutrición, produce algún efecto favorable en el desarrollo del hijo en sucesión.
3. Evaluar la respuesta en el contenido foliar, de N (Bazurto), P (fosforo), K (Potasio), Ca (Calcio), Mg (Magnesio), S (Azufre), B (Boro) y Zn (zinc) al inicio y final de los ensayos.

3.4.2 METODOLOGÍA

A. Características del material experimental

Las plantas de banano son de la variedad Gran enano, las cuales están sembradas por costillas formando gavetas, cada costilla consta de 4 surcos los cuales cumplen con una densidad de 85 plantas/costilla, para completar 1,700 plantas por hectárea ya que cada costilla consta de un área de 500 m². Las plantaciones estuvieron constantemente susceptibles a manejo del cultivo y aplicaciones contra plagas y enfermedades.

Los fertilizantes que se utilizaron Fueron YaraMila Hydran, YaraVera Amidas, Sulfato de Potasio, YaraLiva Nitabor, YaraVita Zintrac y YaraVita Bortrac dicha composición es presentada en el cuadro siguiente.

Cuadro 45. Composición de fertilizantes

Fertilizantes	Elementos (%)							
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	B	Zn
YaraVita Bortrac	6.5						15	
YaraVita Zintrac	1.8							70
YaraMila Hydran	19	4	19	0	3	1.9	0.1	0.1
YaraVera Amidas	40	0				5.6		
YaraLiva Nitabor	15.4			25.6			0.3	
Sulfato de Potasio			50			18		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para la determinación de las necesidades de los nutrientes, se utilizaron los requerimientos nutricionales del banano donde se hicieron ajustes, debido a lo composición de los fertilizantes a utilizar. Y se aplicaron dosis completas con el concepto de la reposición de los nutrientes que son tomados por las plantas y también basándose en la experiencia de los productores.

B. Definición de los Tratamientos

Los tratamientos aplicados durante la realización del experimento fueron los siguientes:

Tratamiento 1= Fertilización Propuesta.

Tratamiento 2= Fertilización Testigo.

Cuadro 46. Fertilización nivel propuesto

Fertilizante	kg /ha*año							
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	B	Zn
YaraMila Hydran	281.01	59.16	281.01	0	44.37	28.10	1.48	1.48
YaraVera Amidas	122.4	0	0	0	0	17.13	0	0
Sulfato de Potasio	0	0	216.75	0	0	78.03	0	0
YaraLiva Nitrabor	51.05	0	0	84.86	0	0	0.99	0
YaraVita Bortrac	0.4						0.9	
YaraVita Zintrac	0.11							4.2
Total kg/ha/año	454.97	59.16	497.76	84.86	44.37	123.27	3.37	5.68

Fuente: Elaboración propia, 2018

Cuadro 47. Testigo relativo

Fertilizante	kg /ha*año							
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	B	Zn
DAP	118.97	304.04	0	0	0	0	0	0
Sulfato de Amonio Estándar	188.5					215.47	0	0
0 – 0 – 62			507					
Nitrato de Amonio	281							
Total Kg/Ha/año	588.87	304.04	507	0	0	215.47	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2018

C. Diseño experimental

Los tratamientos evaluados se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones.

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

Donde:

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

μ = Media general de los tratamientos

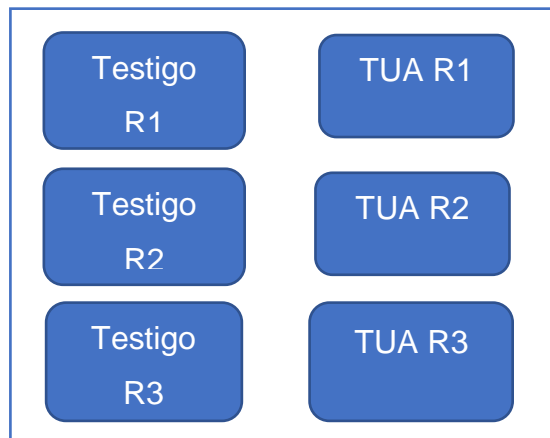
β_j = Efecto asociado al j -ésimo bloque

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

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

D. Croquis de distribución de tratamientos

En la figura 41, se muestra el croquis de campo utilizado en la distribución de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 41. Corquis de campo

E. Variables respuesta

a. Rendimiento por hectárea

Se midió el rendimiento por Hectárea producida en los tratamientos evaluados y en cada repetición en cajas de 18.7 kg.

b. Peso de racimo.

Haciendo uso de una pesa (lb), se midió el peso de cada racimo cosechado en cada tratamiento y en cada repetición, al momento de la cosecha para que no haya confusiones de los racimos en la empacadora donde normalmente se realizan los perfiles de racimo.

c. Numero de manos por racimo

Al momento de la cosecha se anotó el número de manos viables por racimo que se fue obteniendo de cada repetición y cada tratamiento.

d. Numero de dedos de mano apical

Al momento de la cosecha se anotó el número de dedos de la mano apical del racimo cosechado.

e. Circunferencia de tallo de madre

Haciendo uso de la cinta métrica se midió la circunferencia del tallo a 40 cm de altura, al momento de parición, donde se tomó una muestra de 4 plantas/repetición de cada tratamiento haciendo un total de 12 plantas/tratamiento, 48 plantas/ensayo, las cuales fueron marcadas con tinta permanente.

f. Circunferencia de tallo de hijo

Cada 15 días se midió la circunferencia del hijo en sucesión de las plantas marcadas, hasta el momento de parición del mismo.

g. Altura del hijo en sucesión

De las 48 plantas madres marcadas al momento de parición, se midió la altura del hijo, que va desde el suelo a la “V” formada por las hojas, dicha medición se realizó a cada 15 días después de la primera medición.

h. Contenido nutricional en tejido foliar

Para observar si existió alguna variación en la concentración de los nutrientes en el tejido vegetal, se realizó un análisis foliar al inicio y al final del proyecto.

F. Instrumentos para medición de variables respuesta.

Entre los instrumentos utilizados: una libreta de campo donde se lleva el control de los resultados medidos constantemente. Se utilizará una cámara para la toma de fotografías y documentar las actividades realizadas. Una balanza que pesa en gramos, para pesar las dosis de cada fertilizante, pesar los racimos que fueron cosechados en el área. Para la identificación de plantas se utilizó aerosoles y para la identificación de racimos se utilizaron listones.

Además, para poder realizar un diagnóstico y una comparación de la composición nutricional del suelo y del tejido foliar se utilizarán las herramientas de análisis de suelo y de tejido foliar.

3.4.3 RESULTADOS

Ya hecha toda la fase de campo durante los últimos ocho meses se obtuvieron los resultados de las variables que se muestran a continuación. Dichos resultados son de dos clases de suelo clasificados en base a su potencial de producción uno considerado como suelo frondoso y el otro de rendimientos medios, los resultados fueron tabulados y analizados en fase de gabinete y discutidos en base a la experiencia adquirida, experiencias de personas involucradas y literatura consultada.

A. Variable rendimiento

Se tomaron perfiles de racimos de las dos últimas semanas con lo cual se obtuvo el factor promedio, el factor promedio salió de la división entre el peso total de fruta de exportación y el peso de una caja, este factor se multiplico por la densidad promedio de plantas por hectárea y por el retorno de hijo por año en promedio de la finca (factor*densidad*retorno), (cuadro 48).

Cuadro 48. Rendimientos obtenidos en suelo franco arenoso y suelo franco

Suelo Franco arenoso		Suelo franco	
Tratamiento	Cajas/ha/año	Tratamiento	Cajas/ha/año
D1	2475.20	D1	2740.4
T	2497.30	T	2652

Se puede observar que no existen diferencias significativas entre tratamientos en ambos suelos, aunque las pequeñas diferencias pueden hacer una diferencia como las del suelo frondoso que es de solo 88.4 cajas/ha/año ya si se realiza el análisis con las 170 ha. en promedio que tiene la finca podría decirse que son 15,028 cajas de diferencia por toda la finca ósea 15.65 contenedores/año más en el programa propuesto que el testigo con lo cual si es una diferencia significativa que se tendría que evaluar con un área de por lo menos 10 ha y hacer una verificación de estos datos en ambos suelos.

En una investigación que realizo Ruiz (2016) donde evaluó niveles de nitrógeno simple y en asocio con micorrizas, determino que para las condiciones donde realizo la evaluación el mejor tratamiento fue en donde se aplicaron 340, 42.5 y 816 kg/ha/año de N, P₂O₅ Y K₂O respectivamente con la inoculación de micorrizas, obteniendo rendimientos de 2,780 cajas/ha/año, aunque también se obtuvieron resultados favorables en el tratamiento 455,59 y 498 kg/ha/año de N, P₂O₅ Y K₂O respectivamente sin la aplicación de micorrizas.

Mestanza *et. al.* (1982) en Ecuador obtuvo rendimientos de 1,818.18 cajas/ha/año con el tratamiento 170, 102 y 382.5 de N, P₂O₅ Y K₂O respectivamente, obtuvo muy buenos resultados a nivel de su país.

Bazurto (2016) también realiza un análisis de rendimientos en su evaluación de la absorción, distribución y acumulación en banano, indicando que las producciones muestran un incremento cuando son provistas de nitrógeno y se nota una disminución cuando este elemento no es aplicado, obtuvo rendimientos de 1956 cajas/ha/año en el primer ciclo de producción y 2,200 en el segundo ciclo con dosis 321.8 kg/ha y 483 kg/ha de nitrógeno respectivamente.

B. Variable número de dedos de mano apical en suelo franco arenoso

Al igual que se midió el número de manos también se contó el número de dedos de la mano apical de cada racimo cosechado donde los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 49 y 50.

Cuadro 49. Variable número de dedos en mano apical

Número de dedos				
	R1	R2	R3	Media
D1	18.33	19.25	18.50	18.69
T	17.67	18.67	18.00	18.11

Cuadro 50 Análisis de varianza de la variable de número de dedos de la mano apical.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. Dedos	6	1.00	0.99	0.31

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.50	3	0.50	155.91	0.0064
Dosis	0.50	1	0.50	157.69	0.0063
Repetición	0.99	2	0.50	155.02	0.0064
Error	0.01	2	0.0032		
Total	1.50	5			

Con un nivel de significancia del 5 % se rechaza la H_0 la cual dice que todos los tratamientos producen el mismo efecto sobre el peso de racimos en plantas de banano. Con lo cual, si existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo cual se aplicará una prueba Tukey, (cuadro 51). Además, se puede observar que el coeficiente de variación es lo suficientemente bajo para decir que el ensayo tuvo un buen manejo.

Cuadro 51 Prueba de Tukey.

Dosis	Medias	n	E.E.	Grupo tukey	
D1	18.69	3	0.03	A	
T	18.11	3	0.03		B

Como se puede observar en los grupos Tukey el tratamiento que produce el mayor número de dedos en la mano apical es el tratamiento propuesto. Supliendo de una buena nutrición con buenos niveles de Potasio pueden elevarse los pesos de los dedos con lo cual se eleva el peso de racimo y se obtendrán mayores rendimientos. En otros estudios que se han realizado como el de Sagastume (1997), Bazurto (2016), Ceballos (2014) entre otros no analizan el número de dedos de la mano apical, aunque en este ensayo si se analizó y se

pudo determinar que para este suelo y condiciones si se obtuvieron diferencias significativas.

C. Variable circunferencia de tallo de hijo en suelo franco

Se tabulo la diferencia entre cada lectura quincenal, lo cual nos da como resultado el crecimiento quincenal promedio de la circunferencia durante todo el ensayo y dicho resultado fue el que se analizó mediante un análisis ANDEVA.(cuadro 52)

Cuadro 52. Variable circunferencia de tallo de hijo.

Media de aumento de circunferencia quincenal				
Tratamiento	R1	R2	R3	Media
D1	5.94	6.12	6.05	5.94
Testigo	5.31	5.72	5.59	5.31

Como se puede observar en la columna de medias el tratamiento que tuvo el mayor aumento de circunferencia fue el programa de nutrición propuesto, presentado en el cuadro 52 y el que tuvo el menor aumento fue el programa de nutrición testigo presentado en el cuadro 7 el cual es el programa utilizado normalmente por la finca. Aunque se aplicó una prueba de varianza que se presenta en el cuadro 53, para observar si existen diferencias significativas.

Cuadro 53. Analisis de la varianza de la variable circunferencia de tallo de hijo.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Circunferencia	6	0.97	0.92	1.46

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.46	3	0.15	21.55	0.0447
Dosis	0.37	1	0.37	51.99	0.0187
Repetición	0.09	2	0.05	6.33	0.1365
Error	0.01	2	0.01		
Total	0.47	5			

Con un nivel de significancia del 5 % se rechaza la H_0 y se acepta la H_a la cual dice que los dos tratamientos no producen el mismo efecto sobre el aumento en la circunferencia del tallo de las plantas de banano. Con lo cual, si existen diferencias significativas entre los tratamientos y se procedió a realizar una prueba Tukey, (cuadro 54). Además, se puede observar que el coeficiente de variación es lo suficientemente bajo para decir que el ensayo tuvo un buen manejo.

Cuadro 54. Prueba de Tukey

Dosis	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey	
D1	6.04	3	0.05	A	
T	5.54	3	0.05		B

Como se puede observar el tratamiento que produce mayor crecimiento en la circunferencia del tallo en lapso de quince días en las plantas de banano es el tratamiento propuesto.

Ruiz *et. al.* (2016) también evaluó el perímetro del pseudotallo a un metro de altura y encontró que con una dosis de 340 kg N/ha en una densidad de 1,700 plantas/ha se logra aumentar el perímetro en 5 cm en comparación con los otros tratamientos, además determino que diferentes niveles de P_2O_5 y K_2O simples y en combinación con micorrizas no logran marcar una diferencia significativa en el perímetro de las plantas.

D. Numero de dedos de mano apical suelo franco

Al igual que se midió el número de manos también se contó el número de dedos de la mano apical de cada racimo cosechado donde los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 55 y 56.

Cuadro 55. Variable número de dedos en mano apical.

Número de dedos			
	R1	R2	R3
D1	19.67	19.00	18.50
T	19.33	18.25	18.00

Cuadro 56. Análisis de varianza de la variable número de dedos en mano apical

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Dedos	6	0.98	0.95	0.78

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.07	3	0.69	32.27	0.0302
Dosis	0.42	1	0.42	19.74	0.047
Repetición	1.65	2	0.82	38.54	0.0253
Error	0.04	2	0.02		
Total	2.11	5			

Con un nivel de significancia del 5 % se rechaza la H_0 la cual dice que todos los tratamientos producen el mismo efecto sobre el peso de racimos en plantas de banano y se acepta la H_a . Con lo cual, si existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo cual se aplicará una prueba Tukey, (cuadro 57). Además, se puede observar que el coeficiente de variación es lo suficientemente bajo para decir que el ensayo tuvo un buen manejo.

Cuadro 57. Prueba de Tukey

Dosis	Medias	n	E.E.		
D1	19.06	3	0.08	A	
T	18.53	3	0.08		B

Como podemos observar dentro de los grupos Tukey el tratamiento propuesto correspondiente a la dosis recomendada es el que produce mayor número de dedos en la mano apical, con lo cual, fortaleciendo el llenado de los mismo en un futuro podríamos obtener mayores pesos y por ende mayores rendimientos, al igual que el suelo de frondosidad media.

E. Comparación de circunferencia da tallo de madres a inicio y final del ensayo.

En el cuadro 58 se presentan los datos comparativos de las circunferencias de madres al momento de parición de las plantas.

Cuadro 58. Comparación de circunferencia de madres

	Franco arenoso		Arenoso	
	CM1	CM2	CM1	CM2
D1	89.63	99.18	89.63	99.18
Testigo	89.54	98.29	89.54	98.29

Como se puede observar todos los tratamientos en la CM2 aumentaron en comparación de CM1, en ambos suelos, lo cual es importante para la finca ya que a mayor circunferencia de plantas mayor tamaño de inflorescencia y mayor probabilidad de obtener racimos más grandes y por ende más pesados, aumentando el factor de empaque. Las causas de este resultado son que la finca cambio su administración unas semanas después de iniciarse el ensayo y los nuevos trabajos se ven reflejados en CM2, ya que los programas de nutrición fueron mejorados, se invirtió en el sistema de riego, las labores del cultivo se realizaron de

mejor forma, se tuvo un mayor control de plagas y enfermedades, entre otros. Siempre se hace la observación que el tratamiento que mayor circunferencia de madre obtuvo fue uno propuesto correspondiente al programa de dosis alta.

F. Variables que no presentaron diferencias significativas en ambos suelos.

Con el fin de resumir los resultados obtenidos en las otras variables de ambos suelos medidos, se elaboró el cuadro 59, donde, se acepta la H_0 . La cual dice que los tratamientos producen el mismo efecto sobre las variables respuesta, ósea no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, tanto para las variables de rendimiento como para las variables de desarrollo de las plantas.

Cuadro 59. Variables sin diferencia significativa

Variable	Suelo franco arenoso		Suelo franco	
	CV	P-valor de Dosis	CV	P-valor de Dosis
Peso de racimo	1.31	0.3541	1.68	0.4559
Número de manos por racimo	3.78	0.1542	16.11	0.6537
Número de dedos mano apical				
Circunferencia de tallo de madre	1.93	0.0063	2.08	0.6633
Circunferencia de tallo de hijo	1.50	0.5874		
Altura de hijo en sucesión	1.47	0.0737	6.88	0.2644

En el peso de racimo en ambos suelos no existió una diferencia significativa, como es el caso de Cevallos (2014) con sus programas de liberación controlada de N, P, K y Mg quien tampoco encontró diferencias significativas entre tratamientos, aunque en otras evaluaciones si ha existido una diferencia.

Sagastume (1997) en su investigación evaluando fuentes de nitrógeno, encontró que, si existieron diferencias significativas entre tratamientos, dándole como mejor resultado que la aplicación por riego de Urea y Nitrato de Calcio produce un mayor peso de racimo con una media de 31 kg/racimo.

Ruiz (2016) en su evaluación de Nitrógeno, Fosforo y Potasio obtuvo buenos resultados con 680, 42.5 y 1,224 kg/Ha/año de Nitrógeno, Fosforo y Potasio más micorrizas respectivamente. Obteniendo pesos promedio de 18 kg/racimo, lo cual para esas condiciones son buenos resultados, mayores a los que normalmente obtienen, esta investigación respalda que un programa bien balanceado produce los mejores resultados donde relaciones antagónicas como K-Ca y Mg no afecten en la producción.

La variable número de manos del racimo es una variable influenciada por el manejo, refiriéndose, a que depende de la orden de la semana de realizar la labor de desmane de falsa+2, falsa+3 o falsa+4, este desmane depende del clima ya que, en un clima caluroso el racimo da potencial a un desmane más leve, mientras que un clima más frio requiere de un desmane más riguroso y así lograr que la fruta tenga el grado deseado. La persona encargada del desmane además de seguir la orden tiene la potestad de observar el potencial del racimo y dejar o quitar más manos. Este factor pudo ser la causa principal por la cual en la variable número de manos por racimo no existieran diferencias significativas entre los tratamientos.

Sagastume (1997) evaluó dos fuentes comerciales de Nitrógeno aplicadas de forma manual y mediante fertirriego, sobre la variable número de manos por racimo, donde en los tratamientos que fueron aplicados de forma manual como se realizó en este ensayo no encontró diferencias significativas, mientras que en los tratamientos aplicados por fertirriego

(Urea y Nitrato de Calcio) si existieron diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. Bazurto (2016) indica que el número de manos y de dedos juega un papel importante en el peso de racimo, obtuvo además que los racimos medidos tenían de 6 a 8 manos en el primer ciclo. Al igual que en esta investigación Ceballos (2014) en el estudio antes mencionado tampoco encontró diferencias significativas entre tratamientos refiriéndose al número de manos por racimo, respaldando los resultados encontrados en esta investigación.

En un ensayo donde se analizó la absorción, distribución y acumulación del nitrógeno en banano realizada por Bazurto (2016), indica que en el primer ciclo medido no se encontró una diferencia entre alturas de plantas, aunque si se notó una diferencia en el segundo ciclo donde las dosis 321 y 483 kg/ha presentaron las mayores alturas de plantas. Aunque en este ensayo fueron evaluados los crecimientos quincenales de la altura de hijo y otros elementos además del nitrógeno, tampoco existió una diferencia significativa entre tratamientos, pudiendo ser que en el nieto en sucesión haciendo referencia al segundo ciclo se vieran encontrado diferencias significativas.

G. Contenido nutricional en tejido foliar suelo franco arenoso.

Los resultados de los análisis foliares realizados a inicio y finales del ensayo se muestran en la figura 39A, donde se identifican con el nombre de Lote Tolimán 3. En los macronutrientes refiriéndose al Nitrógeno y al Potasio se logró aumentar las concentraciones en tejido foliar a niveles adecuados del cultivo mientras que el fosforo se mantuvo dentro del rango adecuado. Tener niveles adecuados de Nitrógeno son importantes para conseguir alto potencial fotosintético y proporcionar de buena energía a las plantas para la creación de tejido vegetal abundante y de coloración verde, mientras que el Potasio es esencial en banano debido a que es el encargado de obtener frutos de buena calidad y en alta cantidad por lo cual tener los niveles adecuados es de mucha importancia.

En cuanto a los micronutrientes, se solucionó también las deficiencias de manganeso y azufre que se tenía ya que en los fertilizantes aplicados se tenían tres fuentes de azufre que ayudaron a suplir la deficiencia.

Aunque se presentaron dos problemas nuevos ya que el magnesio y el boro disminuyeron su concentración, con lo cual se pone en riesgo la capacidad fotosintética de las plantas por el magnesio y la capacidad de formación de frutos por el Boro quien ayuda al cuaje de flores, evitar mal formaciones de fruto y aumentar la viabilidad del polen. Para la corrección de Magnesio se pueden realizar aplicaciones de Nitrado de Magnesio o sulfato de magnesio en dosis que no produzcan antagonismos con otros elementos y para el boro se puede aplicar un Boro-Zinc o Boro puro vía foliar o Boro en combinación con nitrato de calcio en mezcla química al suelo.

H. Contenido nutricional en tejido foliar suelo franco.

Los resultados de los análisis foliares realizados a inicio y finales del ensayo se muestran en la figura 42A, donde se identifican con el nombre de Lote Tolimán 2. Tanto al inicio como al final del ensayo los niveles de los macronutrientes se mantuvieron dentro del rango adecuado. Se solucionó también la deficiencia de azufre que se tenía ya que en los fertilizantes aplicados se tenían tres fuentes de azufre que ayudaron a suplir la deficiencia. Aunque se presentaron dos problemas nuevos ya que el magnesio y el boro disminuyeron su concentración, con lo cual se pone en riesgo la capacidad fotosintética de las plantas por el magnesio y la capacidad de formación de frutos por el Boro quien ayuda al cuaje de flores, evitar mal formaciones de fruto y aumentar la viabilidad del polen. Para la corrección de Magnesio se pueden realizar aplicaciones de Nitrado de Magnesio o sulfato de magnesio en dosis que no produzcan antagonismos con otros elementos y para el boro se puede aplicar un Boro-Zinc o Boro puro vía foliar o Boro en combinación con nitrato de calcio en mezcla química al suelo.

3.4.4 CONCLUSIONES

1. Los rendimientos por hectárea por año entre el tratamiento propuesto y el testigo no producen una diferencia significativa ya que los resultados son muy parecidos en ambos suelos, con lo cual la respuesta de las plantas a las aplicaciones fue la misma. La única variable que si presento diferencias significativas fue el número de dedos de la mano apical en ambos suelos, dando como resultado que el tratamiento propuesto produce mayor número de dedos, con lo cual en áreas más extensas puede resultar en mayor número de cajas exportables.
2. En el suelo franco arenoso no existió ninguna diferencia significativa entre el tratamiento propuesto y el testigo respecto al desarrollo del hijo haciendo referencia a la circunferencia y altura de las plantas. En el suelo franco la única variable que presento diferencias significativas fue la circunferencia de hijos donde el tratamiento propuesto produce los mejores resultados. En ambos suelos se notó diferencia entre la circunferencia que tenían las plantas al inicio con la que tuvieron al final del ensayo tanto en el tratamiento propuesto como en el testigo.
3. Tanto en el suelo franco arenoso como en el suelo franco, los macronutrientes nitrógeno y potasio estuvieron deficientes al inicio del ensayo, el nitrógeno muy importante para la creación de tejido vegetal y creación de energía mediante la fotosíntesis y el potasio importante en banano para darle peso a la fruta, en ambos casos al final del ensayo se logró corregir la deficiencia de estos macronutrientes. En el suelo arenoso se tenía como deficiente el azufre y el manganeso, aunque se corrigieron estos niveles se mostraron deficientes el magnesio y el boro al final del ensayo. Y en el suelo franco a un inicio también se tenía deficiente el azufre, se corrigió este nivel, pero se mostraron deficientes el magnesio y boro al final del ensayo.

3.4.5 RECOMENDACIONES

1. Con fines de verificación de resultados en ensayos próximos evaluar los tratamientos por lo menos durante un año, ya que se observará la respuesta de los nietos en sucesión.
2. Cuando se haga la selección del área y de plantas a utilizar para los ensayos, estar seguros que son zonas, sin incidencia de enfermedades, mismo sistema de riego, igual manejo agronómico, baja incidencia de plagas entre otros para tener resultados no afectados por variables externas.
3. Realizar aplicaciones manuales al suelo de los fertilizantes ya que es el método con mayor eficiencia de aplicación y absorción.
4. Realizar programas de nutrición para todo un año y respetarlos mediante la aplicación de las dosis establecidas y los tiempos establecidos, logrando un equilibrio en el suelo.
5. Realizar análisis de suelo y foliares por lo menos 3 o 4 veces al año para seguir el estado nutricional tanto del suelo como de las plantas, observando posibles deficiencias o toxicidades.

3.4.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Ayala, LA. 2018. Análisis en el tiempo de la producción de plantaciones Nahualate (entrevista). Rio Bravo, Suchitepéquez, Guatemala, Plantaciones Nahualate, Gerencia General.
2. AZUD. 2012. Problemas de agua de riego con hierro y Manganese. AZUD.com. Disponible en http://www.azud.com/imagenes/boletines/2016315165930AZUD_PROBLEMA_Fe_Mn_ESP.pdf
3. Barrios Sandoval, MG. 2008. Controles internos a considerar en las pérdidas ocasionadas por un desastre natural en una empresa productora de banano. Tesis Cont. Pub. y Adit. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 161 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3173.pdf
4. Bazurto, JT. 2016. Absorción, distribución y acumulación del nitrógeno en banano variedad Williams en dos ciclos de producción en zona húmeda tropical. Tesis Doctorado. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 146 p. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/52788/1/jaimetorresbazurto.2016.pdf>
5. Brown, PH; Bellaloui, N; Wimmer, MA; Bassil, ES; Ruiz, J; Hu, H; Pfeffer, H; Dannel, F; Römheld, V. 2002. Boron in Plant Biology Plant Biology 4(2):205-223. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1055/s-2002-25740> doi doi:10.1055/s-2002-25740
6. Cardeñosa, B. 1995. El género *Musa* en Colombia: Plátanos, bananos y afines. Palmira, Colombia, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
7. Castillo González, AM; Maruri, JAH; García, EA; Pineda, JP; Aguilar, LAV; Torres4, TC. 2011. Extracción de macronutrientes en banano 'Dominico' (*Musa* spp.). *Phyton* 80(1):1-10. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572011000100010
8. Ciudades.co. 2012. Localidad de Tiquisate (Escuintla). Disponible en http://www.ciudades.co/guatemala/ciudad_tiquisate_05006.html
9. CSR-servicios. 2006. Interpretación de resultados de analisis de agua: Disponible en http://www.csr-servicios.es/CONSULTORIA_AGRICOLA/DESCARGAS/TABLA_INTERPRETACION_AGUAS_DE_RIEGO_CSR.pdf
10. Dalberg; Global Development Advisors; Fundesa, Guatemala; CACIF, Guatemala. 2011. ISDE Banano. Guatemala. 18 p. Disponible en

http://www.mejoremosguate.org/cms/content/files/diagnósticos/economicos/05.I SDE_Banano.pdf

11. Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2011. InfoStat (programa de cómputo). Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
12. Díaz, A; Cayón, G; Mira, JJ. 2007. Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión (A review). *Agronomía Colombiana* 25:8. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n2/v25n2a10.pdf>
13. Espinosa, J; Mite, F. 2012. Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. Georgia, US, International Plant Nutrition Institute. 14 p. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/\\$FILE/Estadobanano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/$FILE/Estadobanano.pdf)
14. Fagiani, MJ; Tapia, AC. 2012. Ficha del cultivo de banano. Jujuy, Argentina, INTA. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cultivo_del_banano.pdf
15. Florio, S; Real, F; Florio, G. 2012. Fenología del banano en Venezuela. Venezuela. Disponible en <http://www.sunshineflorio.blogspot.com/2012/07/fenologiadel-banano-o-cambur-musa-aaa.html>
16. Fuentes Mazariegos, JM. 2014. Evaluación de cuatro niveles de potasio (KCl) sobre el rendimiento y calidad del plátano, en aldea San Isidro Malacatán, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 75 p. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/14/Fuentes-Jorge.pdf>
17. Garcia, A. 2012. Criterios Modernos para evaluación de la calidad de agua para riego International Plant Nutrition IAH 6:9. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/6E4999FFE5F6B8F005257A920059B3B6/\\$FILE/Art%205.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/6E4999FFE5F6B8F005257A920059B3B6/$FILE/Art%205.pdf)
18. Gauggel, C; Arevalo, G. 2010. Fertilización en Banano Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano:17. Disponible en https://www.ipipotash.org/udocs/Gauggel_and_gauggel_fertilizacion_en_banano.pdf
19. Gobierno-de-Guatemala. 2016. El agro en cifras. Ed. Ministerio de Agricultura, GyA. Guatemala, 69 p. Disponible en <http://web.maga.gob.gt/download/EI%20agro16.pdf>
20. Góngora Benitez, JE. 1999. Caracterización del sub-sistema plátano (*Musa paradisiaca* L.) en los sistemas de producción de los municipios de Tiquisate y

Nueva Concepción en el departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Disponible en <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01789.pdf>

21. González, AMC; Maruri, JAH; García, EA; Pineda, JP; Aguilar, LAV; Torres4, TC. 2011. Extracción de macronutrientes en banano 'Dominico' (*Musa spp.*). Buenos Aires, Argentina, Scielo. 8 p. (Scielo). Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572011000100010
22. Haifa. 2012. Recomendaciones nutricionales para Banana Haifa:72. Disponible en http://m.haifa-group.com/spanish/files/Spanish_website/Publications/Banana_Spanish.pdf
23. Ibañez Asensio, S; Gisbert Blanquer, JM; Moreno Ramón, H. 2012. Mollisoles. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. 6 p. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13609/Mollisoles.pdf?sequence=3>
24. Illescas, JS. 2002. Principios de Riego y Drenaje. Guatemala, Editorial Universitaria. Disponible en <https://books.google.com.gt/books?id=afqo6tXEvtQC>
25. INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, Guatemala). 2001. Consulta de necesidades de capacitación y asistencia técnica en empresas dedicadas al cultivo, recolección, manipulación, empaque y almacenamiento de banano. Guatemala. 49 p. Disponible en <http://www.intecap.edu.gt/oml/images/pdfsdocumentos/CNC-22.pdf>
26. Lopez, A. 1994. El Azufre en la Nutrición del Cultivo de Banano en Costa Rica IPINI:5. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8F19F825B478AA888525801300565668/\\$FILE/Art%204.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8F19F825B478AA888525801300565668/$FILE/Art%204.pdf)
27. López, A; Espinosa, J. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano. Costa Rica, International Plant Nutrition Institute. 86 p. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/N%20F%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.pdf)
28. Lopez, A; Espinoza, J. 2014. Respuesta del Banano al Potasio. Costa Rica, Internacional Plant Nutrition Institute. 3 p. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caef69705257a370058dad2/\\$FILE/Respuestabanano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caef69705257a370058dad2/$FILE/Respuestabanano.pdf)
29. Martínez, A; Cayón, S. 2011. Dinámica del crecimiento y desarrollo del banano (*Musa AAA simmonds cvs. Gran Enano y Valery*) en la zona de Urabá. Tesis MSc. Fisiol. Cultivos. Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

30. Mestanza, S; Arreaga, J. 1982. Fertilización química de plantaciones establecidas de banano. Ecuador, INIAP. 46. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2030/1/iniaplsbt46.pdf>
31. Ministerio de Ambiente Perú. 2014. Guía para el Muestreo de Suelos Ministerio de Ambiente:47. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
32. Omaira. 2009. Fertilización del cultivo de banano. Disponible en <http://santibanaomaira.blogspot.com/2009/04/fertilizacion-del-cultivo-de-banano.html>
33. Pantoja, D. 2016. Fisiología del banano. Disponible en <http://fisioldelbanano.blogspot.com/>
34. Paredes Gerónimo, A; Romero Flores, KN; García Monzón, VJM; López Estrada, CP; Montufar Argueta, SJ; Raymundo Velasco, GP; Cruz, GA; Cruz, EF; Rodríguez Santizo, SD; Hernández Granillo, YC; Juracán Macario, JA; Aguirre Juárez, EJ; González Roldán, SL; Guerra, JB; García Miranda, RE. 2013. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión; municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla; Informe general. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 547 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0854_v1.pdf
35. Ramírez, SG; Rodríguez, C. 1996. Manual de producción de plátano para Tabasco y norte de Chiapas. Tabasco, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 81 p.
36. Rubio, DIC; Calderón, RAM; Guatero, AP; Acosta, DR; Rojas, IJS. 2015. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión Revista Ingeniería y Región 73-90:18. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5062883.pdf>
37. Ruíz Martínez, L; Armario Aragón, D; Espinosa, R; Espinosa, A; Simo González, J; Espinosa Cuellar, E. 2016. Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano. 1-8 p. Disponible en ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/311512507_Efecto_de_dosis_de_nitrogeno_fosforo_y_potasio_combinadas_con_micorrizas_en_el_cultivo_del_banano
38. Sáenz, FC; Mantilla, SMO. 2002. Metodos de Muestreo Foliar. Bogota Colombia, Dr. Calderon Labs. Disponible en http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_Foliar/MetodosdeMuestreo/MetodosMuestreoFoliar.htm

39. Saguil Sagastume, CO. 1997. Evaluación de dos fuentes comerciales de nitrógeno, aplicados por feterriación y de forma manual, en el cultivo de banano, en la costa Atlántica de Guatemala, Morales, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p. Disponible en <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01636.pdf>
40. Salvador Cevallos, SG. 2014. Estudio sobre niveles de fertilización con N, P, K, Mg utilizando una fuente de liberación controlada en el cultivo de banano (*Musa AAA*). Tesis Licenciatura. Milagro, Ecuador, Universidad de Guayaquil. 57 p. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3894>
41. SEPHU (Sociedad Española de Productos Húmicos, España). 2009. Bananos exóticos. España, Sephu, noticias Sephu no. 39:1-9. Disponible en https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/039---11.12.09---Bananos-Exo--769-ticos.pdf
42. Soto Ballesteros, M. 2008. Bananos: Técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización. Costa Rica, Tecnológico de Costa Rica. Disponible en <https://www.editorialtecnologica.com/catalogo/bananos-iii-manejo-poscosecha-y-comercializacion/>
43. Tobías, H; Lira, IE. 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1: 250,000. Ed. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 48 p. Disponible en http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_taxonomica_memoria_tecnica_2000.pdf
44. Torres, JS; Castillo, JM. 2013. Principios para nutrición del banano. Colombia, CENIBANANO / AUGURA.
45. Trocme, S; Gras, R. 1979. Suelos y fertilización en fruticultura. España, Mundi-Prensa. Disponible en https://books.google.com.gt/books/about/Suelo_y_fertilizaci%C3%B3n_en_fruticultura.html?id=YzCIAAAACAAJ&redir_esc=y
46. Vargas, A; Arias, F; Serrano, E; M., OA. 2007. Toxicidad de Boro en Plantaciones de Banano Agronomía Costarricense:10. Disponible en <file:///C:/Users/Alejandro/Downloads/Dialnet-ToxicidadDeBoroEnPlantacionesDeBananoMusaAAACost-2671031.pdf>
47. Yara; SQM; PHOSYN; NOBLE, A. 2014. Plantmaster de Banana. Centro América.

3.4.7 ANEXOS

A. Cuadros de resultados suelo franco arenoso

De los cuadros 60A al 77A, se presentan los resultados obtenidos en un suelo arenoso.

Cuadro 60A. Variable peso de Racimo (kg)

Peso de Racimo				
	R1	R2	R3	Media
D1	35.11	36.21	35.41	35.58
T	33.90	36.17	35.30	35.12

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 61A. Análisis de varianza peso de racimo

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso	6	0.88	0.70	1.31

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.15	3	1.05	4.87	0.1750
Dosis	0.31	1	0.31	1.43	0.3541
Repetición	2.84	2	1.42	6.59	0.1317
Error	0.43	2	0.1317		
Total	3.58	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 62A. Variable número de manos por racimo

Número de Manos				
	R1	R2	R3	Media
D1	8.00	8.00	7.75	7.92
T	7.00	7.66	7.50	7.39

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 63A. Análisis de varianza número de manos por racimo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. Manos	6	0.76	0.40	3.78

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.53	3	0.18	2.12	0.3368
Dosis	0.42	1	0.42	5.03	0.1542
Repetición	0.11	2	0.06	0.66	0.6017
Error	0.17	2	0.08		
Total	0.70	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 64A. Variable circunferencia de tallo de madre

Crecimiento quincenal de la circunferencia de tallo de madre.			
	R1	R2	R3
D1	99.00	100.00	100.00
Testigo	100.50	97.75	96.25

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 65A. Análisis de varianza circunferencia de tallo de madre

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Circunferencia tallo de madre.	6	0.45	0.00	1.93

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.02	3	2.01	0.55	0.6966
Dosis	3.38	1	3.38	0.92	0.4380
Repetición	2.65	2	1.32	0.36	0.7343
Error	7.31	2	3.66		
Total	13.33	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 66A. Variable circunferencia de tallo de hijo

Crecimiento quincenal de la circunferencia de tallo de hijo.				
Tratamiento	R1	R2	R3	Media
D1	5.50	5.08	4.79	5.12
Testigo	5.49	4.92	4.84	5.08

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 67A. Analisis de la varianza de la variable circunferencia tallo de hijo

Variable	N	R²	R² Aj	CV	
Circunferencia	6	0.98	0.94	1.50	
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.50	3	0.17	28.31	0.0343
Dosis	2.4E-03	1	2.4E-03	0.41	0.5874
Repetición	0.49	2	0.25	42.26	0.0231
Error	0.01	2	0.01		
Total	0.51	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 68A. Variable altura de Hijo

Aumento quincenal de la altura de hijo.				
	R1	R2	R3	Media
D1	19.03	17.80	16.96	17.93
Testigo	19.78	18.19	18.11	18.69

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 69A. Análisis de la varianza de la variable altura de hijo

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura de hijo	6	0.97	0.92	1.47

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.67	3	1.56	21.55	0.0447
Dosis	0.87	1	0.87	12.09	0.0737
Repetición	3.80	2	1.90	26.28	0.0367
Error	0.14	2	0.07		
Total	4.82	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

B. Cuadros de resultados suelo frondoso

C. De los cuadros 60A al 77A, se presentan los resultados obtenidos en un suelo frondoso.

Cuadro 70A. Variable peso de racimo

Peso de Racimo (Kg)				
	R1	R2	R3	Media
D1	36.32	36.17	33.94	35.48
T	36.77	34.96	33.37	35.03

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 71A. Análisis de varianza de la variable peso de racimo

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso de racimo	6	0.93	0.82	1.68

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.94	3	2.98	8.50	0.1071
Dosis	0.29	1	0.29	0.84	0.4559
Repetición	8.64	2	4.32	12.33	0.0750
Error	0.70	2	0.35		
Total	9.64	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 72A. Variable número de manos por racimo

Número de Manos				
	R1	R2	R3	Media
D1	7.67	7.67	7.25	7.53
T	8.00	8.25	4.84	7.03

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 73A. Análisis de varianza de la variable número de manos por racimo

Variable	N	R²	R² Aj	CV
No. Manos	6	0.64	0.11	16.11

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.97	3	1.66	1.20	0.4838
Dosis	0.38	1	0.38	0.27	0.6537
Repetición	4.59	2	2.30	1.67	0.3747
Error	2.75	2	1.38		
Total	7.72	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 74A. Variable circunferencia de tallo de madre

Crecimiento quincenal de la circunferencia de tallo.			
	R1	R2	R3
D1	101.00	98.67	97.75
Testigo	98.38	96.25	100.25

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 75A. Análisis de varianza de la variable circunferencia de tallo de madre

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Circunferencia tallo de madre	6	0.43	0.00	2.08

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO.	6.29	3	2.10	0.50	0.7201
Dosis	1.08	1	1.08	0.26	0.6633
REPETICIÓN	5.21	2	2.61	0.62	0.6173
ERROR	8.41	2	4.21		
TOTAL	14.70	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 76A. Variable altura de hijo

Crecimiento quincenal de altura de hijo.				
	R1	R2	R3	Media
D1	22.40	20.21	20.15	22.40
testigo	18.55	20.20	18.82	18.55

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 77A. Análisis de la varianza de la variable altura de hijo

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura de hijo.	6	0.59	0.00	6.88

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.54	3	1.85	0.97	0.5438
Dosis	4.49	1	4.49	2.36	0.2644
Repetición	1.05	2	0.52	0.28	0.7842
Error	3.81	2	1.90		
Total	9.34	5			

Fuente: elaboración propia, 2018.

En la figura 42A, se muestran los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras de tejido foliar procedentes de la finca Tolimán, Tiquisate, Escuintla.

Cliente : YARA GUATEMALA, S.A.,

Localización: TIQUISATE, ESCUINTLA
Cultivo: BANANO
Finca: TOLIMAN

Fecha de Ingreso: 07/03/2018 Fecha de Ejecución: 14/03/2018 09:32:41 Fecha de Impresión: 15/03/2018 13:00:13

Anala
ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS

Informe de Resultados

● =Bajo
● =Adecuado
● =Alto

Macronutrientes (Elementos Mayores)							Micronutrientes (Elementos Menores)					
%							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	80-380	200-2000	20-300		
Muestra:	Identificación de la Muestra											
8192	LOTE FINCA 2 TOLIMAN	2.77	0.35	4.92	0.72	0.30	0.19	19.63	13.98	262.00	256.20	32.77
8193	LOTE FINCA 3 TOLIMAN	2.58	0.25	2.63	0.60	0.29	0.16	16.49	11.77	229.60	198.60	29.55
8194	LOTE FINCA 4 TOLIMAN	2.62	0.22	2.38	0.68	0.31	0.21	13.71	9.91	136.50	326.20	34.03

Localización: TIQUISATE ESCUINTLA
Cultivo: BANANO
Finca: TOLIMAN

Fecha de Ingreso: 25/10/2018 Fecha de Ejecución: 02/11/2018 11:18:59 Fecha de Impresión: 07/11/2018 10:17:11

Informe de Resultad

● =Bajo
● =Adecuado
● =Alto

Macronutrientes (Elementos Mayores)							Micronutrientes (Elementos Menores)					
%							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		
Muestra:	Identificación de la Muestra											
815	LOTE TOLIMAN 2	2.89	0.20	3.98	0.66	0.24	0.24	6.34	10.87	119.00	244.20	31.22
816	LOTE TOLIMAN 3	2.80	0.20	3.72	0.53	0.24	0.23	2.15	10.61	89.11	227.90	33.99
817	LOTE TOLIMAN 4	2.94	0.20	3.60	0.45	0.23	0.24	10.20	11.31	111.10	292.00	39.26

Determinación de Nitrógeno Método Dumas
Preparación de la muestra: Incineración por mufla
y análisis de los elementos: P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B Espectrometría de Emisión de Plasma - ICP

Fuente: laboratorio Analab, 2018.

Figura 42A. Resultados de análisis foliares a inicio y finales de los ensayo