

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA -EPS-

**EFFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA, PARA LA ACLIMATACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (*MUSSA SPP*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA BANANERA, LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A.**

JAIME JORDÁN ARRIOLA VIELMAN

GUATEMALA, MARZO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA -EPS-

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EFFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA, PARA LA ACLIMATACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (*MUSSA SPP*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA BANANERA, LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A.**

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

JAIME JORDÁN ARRIOLA VIELMAN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO  
DE LICENCIADO

GUATEMALA, MARZO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA  
DE LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	Ing. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	Per. Electr. Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, MARZO 2019



Guatemala, marzo 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: **EFFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA, PARA LA ACLIMATACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (*MUSSA SPP*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA BANANERA, LOS AMATES, IZABAL, 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, suscribo la presente,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Jaime Jordán Arriola Vielman





## ACTO QUE DEDICO

**A:**

- Dios:** Padre amado por darme la sabiduría, el discernimiento y la inteligencia para alcanzar una meta tan importante en mi vida.
- Mis Padres:** José Jordán Arriola Molina y Mimna Xiomara Vielman Rosales por darme su amor incondicional y apoyarme en todo momento a lo largo de mi vida, este logro es de ustedes.
- Mis hermanos:** Marcelo Paolo Arriola Vielman y Fátima Sofia Arriola Vielman, quienes han sido una inspiración para seguir adelante. Espero ser un ejemplo para su vida y demostrarles que los sueños se pueden lograr con sacrificios, dedicación y siempre de la mano de Dios.
- Mis Abuelos:** Jordán Arriola, María Elena Molina, María de Jesús Rosales, Sandra Arriola y Jaime Vielman (Q.E.P.D) por sus sabios consejos en momentos difíciles y ese amor especial que siempre me han demostrado.
- Mis Tíos:** Por ser en varias ocasiones como segundos padres y compartirme sus consejos, amor y experiencias.
- Mis Primos:** Gracias por compartir conmigo momentos inolvidables. Espero puedan alcanzar todo lo que se proponen en la vida.

**Mis Amigos:**

Félix Castro, Orlando Vielman, Karla Cobar, Luisa Gómez, Lissa Mendoza, Sergio Gonzales, Valentín Meléndez, Andrea Herrera, Nancy Solares, Laura Batres, Fabiola Leiva, Lynn Silvestre, Kevin Loarca, Julio Sequen, Jeffri Monzón, Olga Marroquín, Raisa Marroquín, Pamela Mérida, Jackelin Montes de Oca y Sherlyn Franco, muchas gracias por compartir momentos de alegrías y preocupaciones y por ser parte de esa familia que uno escoge en la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

- Dios:** Por darme la fuerza y mucha sabiduría para poder culminar una etapa más en mi vida.
- Mi patria:** Mi país Guatemala, bendecidas y prósperas son tus tierras, me siento orgulloso de ser chapín y espero este trabajo sea en beneficio para tu desarrollo.
- Mi alma mater:** Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la Facultad de Agronomía por permitirme ser parte de tan gloriosa casa de estudios y darme las herramientas necesarias para formarme como Ingeniero Agrónomo.
- Mis Catedráticos:** Gracias por haber compartido sus conocimientos adquiridos a lo largo de su vida profesional.
- Mi Supervisor:** Ing. Agr. Pedro Peláez muchas gracias por su tiempo, sus consejos, su apoyo y sobre todo su amistad en todo el transcurso del EPS.
- Mi Asesor:** Dr. Iván Dimitri por su constante aporte de conocimientos, consejos y colaboración en la realización de esta investigación, gracias porque me llevo a un amigo.
- COMPAÑÍA BANANERA:** Por abrirme la puerta de tan prestigiosa empresa y darme la oportunidad de realizar mi EPS. En especial al Ing. Agr. Jorge Peláez.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

### PÁGINA

<b>CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL ÁREA DEL VIVERO DE LA FINCA BANANERA, LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A.</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 PRESENTACIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>3</b>
1.2.1. <i>Descripción general de la finca</i> .....	3
1.2.2. <i>Ubicación geográfica</i> .....	3
1.2.3. <i>Límites y Colindancias del municipio Los Amates, Izabal</i> .....	3
1.2.4. <i>Zona de vida de la finca bananera</i> .....	4
1.2.5. <i>Condiciones climáticas</i> .....	5
1.2.6. <i>Descripción de los invernaderos con que cuenta el vivero de la finca bananera</i> .....	5
1.2.7. <i>Funciones del área de vivero</i> .....	6
1.2.8. <i>Estructura organizacional de la finca bananera</i> .....	7
<b>1.3 OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
1.3.1 <i>Objetivo General:</i> .....	9
1.3.2 <i>Objetivos Específicos:</i> .....	9
<b>1.4 METODOLOGÍA</b> .....	<b>10</b>
1.4.1. <i>Definición del área de estudio</i> .....	10
1.4.2. <i>Tiempo y espacio de realización</i> .....	10
1.4.3. <i>Recolección de la Información</i> .....	10
<b>1.5 RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
1.5.1 <i>Matriz de análisis FODA</i> .....	14
1.5.2. <i>Análisis de la matriz FODA, de forma analítica (cruzada)</i> .....	15
<b>1.6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>18</b>
<b>1.7 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>18</b>
<b>1.8 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO II. DETERMINACIÓN DEL EFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA DE LA FINCA, PARA LA ACLIMATACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (MUSSA SPP), LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A.</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 PRESENTACIÓN</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
2.2.1. <i>Marco Conceptual</i> .....	22
2.2.2 <i>Marco Referencial</i> .....	38
<b>2.3 OBJETIVOS</b> .....	<b>40</b>
<b>2.3.1 Objetivo General</b> .....	<b>40</b>
<b>2.3.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>40</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS</b> .....	<b>40</b>
<b>2.5 METODOLOGÍA</b> .....	<b>41</b>
2.5.1. <i>Selección de los lixiviados utilizados</i> .....	41
2.5.2. <i>Muestreo de lixiviados</i> .....	41
2.5.3. <i>Fase de campo (I)</i> .....	41
2.5.4. <i>Análisis de la información</i> .....	63
2.5.5. <i>Análisis económico</i> .....	63

<b>2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	64
<b>2.7 CONCLUSIONES</b> .....	75
<b>2.8 RECOMENDACIÓN</b> .....	75
<b>2.9 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	76
<b>2.10 ANEXOS</b> .....	79
<b>3.1 PRESENTACIÓN</b> .....	91
<b>3.2 SERVICIO 1. EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS EN LA ACLIMATACIÓN DE MERISECOS DE BANANO (Mussa SPP.) EN LA FASE DE VIVERO.</b> .....	93
3.2.1. <i>Objetivos</i> .....	93
3.2.2. <i>Metodología</i> .....	93
3.2.3. <i>Resultados obtenidos</i> .....	111
3.2.4. <i>Conclusiones</i> .....	124
3.2.5. <i>Recomendaciones</i> .....	125
<b>3.3 SERVICIO 2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE HONGO BENÉFICO TRICHODERMA HARZIANUM, EN PLANTAS DE BANANO EN LA ETAPA DE VIVERO.</b> .....	126
3.3.1. <i>Objetivos</i> .....	126
3.3.2. <i>Metodología</i> .....	126
3.3.3. <i>Resultados obtenidos</i> .....	141
3.3.4. <i>Conclusiones</i> .....	144
3.3.5. <i>Recomendaciones</i> .....	144
<b>3.5 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	145

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía aérea de la finca donde se realizó la investigación, Los Amates, Izabal. ....	4
Figura 2. Fotografía estructura de los viveros ubicados en el área de vivero de la finca bananera. ....	6
Figura 3. Organigrama de la empresa bananera, Los Amates, Izabal, Guatemala. ....	8
Figura 4. Fotografía del recorrido del vivero de la finca bananera. ....	10
Figura 5. <i>Fotografía de Laguna lixiviado provenientes del raquis banano, ubicada en la Finca, en el departamento de Izabal.</i> .....	34
Figura 6. <i>Fotografía de donde se encontraba contenido el lixiviado de lombricompost, vivero finca, en el departamento Izabal.</i> .....	35
Figura 7. <i>Fotografía aérea de la finca donde se realizó la investigación, Los Amates, Izabal.</i> .....	39
Figura 8. a). <i>Fotografía de la recolección lixiviado de raquis de banano</i> b). <i>recolección lixiviado de lombricompost.</i> .....	41
Figura 9. <i>Esquema de cómo se encontraba cada unidad experimental utilizada.</i> .....	45
Figura 10. <i>Área experimental, meristemas de banano (Mussa spp) primera semana de trasplante.</i> .....	45
Figura 11. <i>unidad muestral utilizada, conformada por una bolsa de polietileno, 1 kg de sustrato y meristemo de la planta de banano.</i> .....	46
Figura 12. <i>Esquema de la distribución y área experimental utilizada, constituida por 3,600 bolsas de polietileno y el meristemo del cultivo de banano, en una bolsa de almacigo de 8 in de ancho, 7 in de alto por 3mm de espesor identificada con el código del tratamiento, cada unidad experimental.</i> .....	48
Figura 13. <i>Fotografía del control de malezas en el vivero de la finca, del departamento Izabal.</i> .....	49

Figura 14. Fotografía de revisión sistema de riego, vivero de la finca, en el departamento de Izabal. ....	50
Figura 15. Fotografía del cepillado de camas, Vivero de la finca en el departamento de Izabal. ....	50
Figura 16. Fotografía aplicación de cal hidratada en las camas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal. ....	51
Figura 17. Fotografía del cernido, llenado de bolsas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal. ....	52
Figura 18. Fotografía de la desinfección suelos, vivero de la finca, en el departamento de Izabal. ....	53
Figura 19. Fotografía del ahoyado de bolsas en vivero de la finca, en el departamento de Izabal. ....	53
Figura 20. Fotografía de la recepción de meristemas de banano. ....	54
Figura 21. Fotografía de la siembra meristemas de banano, en el vivero de la finca, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	55
Figura 22. Fotografía de la toma de altura del pseudotallo a la formación de la última hoja verdadera o "V", con un metro. ....	61
Figura 23. Fotografía de la toma de la circunferencia del pseudotallo, tomando en cuenta que se medirá a la mitad de este cuando este de mayor tamaño. ....	62
Figura 24. Gráfica de la dinámica de crecimiento para la variable de respuesta altura de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. a. semana 0, b. semana 1, c. semana 2, d. semana 3, e. semana 4, f. semana 5, g. semana 6. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	67
Figura 25. Dinámica de crecimiento para la variable de respuesta peso radicular de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	70
Figura 26A. Gráfico dinámica de crecimiento para la variable de respuesta altura de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	79
Figura 27A. Análisis de varianza en función de la variable circunferencia de pseudotallo. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano ( <i>mussa spp</i> ), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	79
Figura 28A. Gráfico dinámica de crecimiento para la variable de respuesta circunferencia de pseudotallo de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	80
Figura 29A. Gráfica dinámica de crecimiento para la variable de respuesta número de hojas de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	81
Figura 30A. Fotografía de la aplicación de los tratamientos evaluados, vivero de la finca, Los Amates, Izabal, Guatemala. ....	82
Figura 31A. Fotografía del desarrollo radicular en los meristemas de banano con los distintos tratamientos, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	82
Figura 32A. Análisis nutricional del lixiviado de raquis de banano. ....	88
Figura 33A. Análisis nutricional del lixiviado de raquis de banano. ....	89
Figura 34. Fotografía de las muestras de diferentes sustratos para ser evaluadas en laboratorio. ....	94
Figura 35. Fotografía de la unidad experimental utilizada, constituida por las bolsas de polietileno y el meristemo del cultivo de banano, en una bolsa de almacigo de ocho in de ancho, siete in de alto por tres mm de espesor cada unidad experimental con su respectiva identificación. ....	96
Figura 36. Fotografía de la distribución de tratamientos en el área experimental. ....	97

Figura 37. Esquema de la <i>distribución y área experimental utilizada, constituida por 50 bolsas de polietileno y el meristemo del cultivo de banano, en una bolsa de almacigo de 8 in de ancho, 7 in de alto por 3 mm de espesor identificada con el código del tratamiento, cada unidad experimental.</i> .....	98
Figura 38. <i>Fotografía del control de Malezas en el vivero de la finca, del departamento Izabal.</i> .....	99
Figura 39. <i>Fotografía de la revisión sistema de Riego, Vivero de la finca, en el departamento de Izabal.</i> ...	100
Figura 40. <i>Fotografía del cepillado de camas, Vivero de la finca en el departamento de Izabal.</i> .....	101
Figura 41. <i>Aplicación de Cal hidratada en las camas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.</i> .....	101
Figura 42. <i>Cernido, llenado de bolsas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.</i> .....	102
Figura 43. <i>Fotografía del ahoyado de bolsas en vivero de la finca, en el departamento de Izabal.</i> .....	103
Figura 44. <i>Fotografía de la recepción de merisecos de banano.</i> .....	103
Figura 45. <i>Siembra Merisecos de banano, en el vivero de la finca, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> ..	104
Figura 46. <i>Fotografía de la toma de altura del pseudotallo a la formación de la última hoja verdadera o "V", con un metro.</i> .....	105
Figura 47. <i>Fotografía de la toma de la circunferencia del pseudotallo, tomando en cuenta que se medirá a la mitad de este cuando este de mayor tamaño.</i> .....	106
Figura 48. <i>Fotografías de diferentes tamaños para determinar el número de hojas del 0.1-0.6</i> .....	107
Figura 49. <i>Fotografías de diferentes tamaños para determinar el número de hojas del 0.7-1 hoja verdadera.</i> .....	108
Figura 50. <i>Fotografía del peso radicular de cada planta y tratamiento evaluado.</i> .....	109
Figura 51. <i>Fotografía del área experimental de la evaluación del efecto de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma harzianum, en plantas de banano en la etapa de vivero.</i> .....	128
Figura 52. <i>Fotografía del control de Malezas en el vivero de la finca, del departamento Izabal.</i> .....	129
Figura 53. <i>Fotografía de la revisión sistema de Riego, Vivero de la finca, en el departamento de Izabal.</i> ...	130
Figura 54. <i>Fotografía del cepillado de camas, Vivero de la finca en el departamento de Izabal.</i> .....	130
Figura 55. <i>Aplicación de Cal hidratada en las camas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.</i> .....	131
Figura 56. <i>Cernido, llenado de bolsas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.</i> .....	132
Figura 57. <i>Fotografía del ahoyado de bolsas en vivero de la finca, en el departamento de Izabal.</i> .....	133
Figura 58. <i>Siembra Merisecos de banano, en el vivero de la finca, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> ..	134
Figura 59. <i>Fotografía de la toma de altura del pseudotallo a la formación de la última hoja verdadera o "V", con un metro.</i> .....	135
Figura 60. <i>Fotografía de la toma de la circunferencia del pseudotallo, tomando en cuenta que se medirá a la mitad de este cuando este de mayor tamaño.</i> .....	136
Figura 61. <i>Fotografías de diferentes tamaños para determinar el número de hojas del 0.1-0.6</i> .....	137
Figura 62. <i>Fotografías de diferentes tamaños para determinar el número de hojas del 0.7-1 hoja verdadera.</i> .....	138
Figura 63. <i>Fotografía del peso radicular de cada planta y tratamiento evaluado.</i> .....	139



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 1. <i>Matriz del análisis FODA realizado en el vivero de la finca bananera.</i> .....	14
Cuadro 2. <i>Matriz analítica del FODA realizada en el área de vivero de la finca bananera.</i> .....	16
Cuadro 3. <i>Los requerimientos de nutrientes varían de acuerdo con el rendimiento esperado y al crecimiento de la planta, (rendimiento esperado: 30 T/ha - 60 T/ha).</i> .....	28
Cuadro 4. <i>Fertilizantes que se utilizaron en la evaluación.</i> .....	42
Cuadro 5. <i>Tratamientos que se utilizarán en la evaluación de cinco fertilizantes. En el vivero de la finca, departamento de Izabal.</i> .....	42
Cuadro 6. <i>Programa de fertirriego en kg/cama meristemas de banano. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala, C.A</i> .....	58
Cuadro 7. <i>Programa de fertirriego en g/planta meristemas de banano. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala, C.A</i> .....	59
Cuadro 8. <i>Análisis de varianza en función de la variable altura. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	64
Cuadro 9. <i>Prueba múltiple de medias de Bautista (BBS) (alfa = 0.05) para la variable altura de las plántulas de los tratamientos evaluados a las 6 semanas después del trasplante en vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	65
Cuadro 10. <i>Análisis de varianza en función de las variables circunferencia de pseudotallo, número de hojas y peso radicular. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	68
Cuadro 11. <i>Características químicas de los fertilizantes evaluados en la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	73
Cuadro 12. <i>Costo de los tratamientos utilizados como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	74
Cuadro 13A. <i>Análisis de varianza en función de la variable Número de Hojas. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	80
Cuadro 14A. <i>Costo de la producción de 1 L de lixiviado de lombricompost dentro del vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	83
Cuadro 15A. <i>Costo de la producción de 1 L de lixiviado de raquis de banano dentro del vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	84
Cuadro 16A. <i>Costo para la aplicación en 4,500 meristemas del tratamiento 1 utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	85
Cuadro 17A. <i>Costo para la aplicación en 4,500 meristemas del tratamiento 2 utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.</i> .....	86

Cuadro 18A. Costo para la aplicación en 4500 meristemos del tratamiento 3 utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018 .....	86
Cuadro 19A. Costo para la aplicación en 4,500 meristemos del tratamiento 4 utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	88
Cuadro 20A. Costo para la aplicación en 4,500 meristemos del tratamiento 5 utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	88
Cuadro 21. Sustratos que se utilizaron en la evaluación. ....	94
Cuadro 22. Tratamientos que se utilizarán en la evaluación de diez. En el vivero de la finca, departamento de Izabal. ....	95
Cuadro 23. Análisis de varianza en función de la variable altura. Evaluación de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano ( <i>mussa spp</i> ), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	111
Cuadro 24. Prueba múltiple de medias TUKEY (alfa = 0.05) para la variable altura de los merisecos de los tratamientos evaluados a las 8 semanas después del trasplante en vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	112
Cuadro 25. Análisis de varianza en función de la variable circunferencia de pseudotallo. Evaluación de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano ( <i>mussa spp</i> ), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	113
Cuadro 26. Prueba múltiple de medias TUKEY (alfa = 0.05) para la variable circunferencia de pseudotallo de los merisecos de los tratamientos evaluados a las 8 semanas después del trasplante en vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	113
Cuadro 27. Análisis de varianza en función de la variable número de hojas. Evaluación de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano ( <i>mussa spp</i> ), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	115
Cuadro 28. Prueba múltiple de medias TUKEY (alfa = 0.05) para la variable número de hojas de los merisecos de los tratamientos evaluados a las 8 semanas después del trasplante en vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	116
Cuadro 29. Análisis de varianza en función de la variable peso radicular (gr). Evaluación de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano ( <i>mussa spp</i> ), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	117
Cuadro 30. Prueba múltiple de medias TUKEY (alfa = 0.05) para la variable peso radicular de los merisecos de los tratamientos evaluados. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	118
Cuadro 31. Características químicas de los sustratos evaluados en la aclimatación de merisecos de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	120
Cuadro 32. Características químicas del Lixiviado evaluado en la aclimatación de merisecos de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	121
Cuadro 33. Características Clase Textural de los sustratos evaluado en la aclimatación de merisecos de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	122
Cuadro 34. Costo de los tratamientos utilizados como sustratos en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....	123

Cuadro 35. <i>Tratamientos que se utilizarán en la evaluación del hongo benéfico Trichoderma harzianum . En el vivero de la finca, departamento de Izabal. ....</i>	127
Cuadro 36. <i>Análisis de varianza en función de la variable altura. Evaluación de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....</i>	141
Cuadro 37. <i>Análisis de varianza en función de la variable número de hojas. Evaluación de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....</i>	142
Cuadro 38. <i>Análisis de varianza en función de la variable circunferencia de pseudotallo. Evaluación de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....</i>	142
Cuadro 39. <i>Análisis de varianza en función de la variable circunferencia de pseudotallo. Evaluación de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018. ....</i>	143



## RESUMEN

El presente trabajo contiene el informe del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) que se realizó con el apoyo de la empresa BANDEGUA, S.A. en unión con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala durante el periodo de febrero a noviembre de 2018 realizando actividades de diagnóstico, investigación y servicios. En el contenido se incluyeron los resultados obtenidos del diagnóstico realizado en el vivero de la empresa, al igual que la investigación y los servicios.

Con el diagnóstico realizado en el vivero se logró adquirir una idea amplia de los objetivos, prácticas agrícolas, investigaciones y los problemas en cada una de las actividades que conforman esta área, con la finalidad de elaborar un análisis FODA y su posterior análisis a través de una matriz comparativa. Se identificaron algunos problemas de importancia dentro del área, uno de estos fue el incremento de costos con los fertilizantes químicos en la aclimatación de meristemas de banano (*Mussa spp*), con lo cual surgió la idea de incorporar lixiviados orgánicos generados dentro de la empresa y reducir dichos costos. Del diagnóstico se derivó la investigación con la finalidad de resolver este problema en el área.

La investigación se llevó a cabo en Los Amates Izabal y consistió en determinar el efecto que produce la implementación de lixiviado de lombricompost y lixiviado de raquis de banano en el programa de fertilización química dentro del vivero con el fin de evaluar el desarrollo vegetativo de los meristemas de cada uno de los tratamientos. Para esto se utilizó el diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, durante los meses de febrero a noviembre de 2018. Los resultados no muestran diferencias significativas para las variables de respuesta evaluadas.

Los servicios realizados consistieron en la evaluación de diferentes sustratos en la aclimatación de meristemas de banano y evaluación de la aplicación de hongo benéfico *Trichoderma harzianum*, en plantas de banano en la etapa de vivero.





## 1.1 PRESENTACIÓN

Dentro del municipio de Los Amates, Izabal se encuentra establecida una de las plantaciones de banano (*Musca spp*) de la empresa bananera, la cual cuenta con una extensión de 385 ha, aproximadamente, siendo esta región la que representa una de las mayores producciones de fruta a nivel nacional.

Debido a la importancia de la renovación o cambio varietal que la empresa realiza año con año, la empresa ha implementado el área del vivero, la cual se encarga de la recepción de las plantas producidas in vitro y es el lugar donde estas plantas pasan un período de aclimatación que les permite crecer y adquirir los caracteres morfológicos y fisiológicos necesarios para sobrevivir en el campo, así también como la propagación de especies forestales y frutales que la empresa realiza para la reforestación de bosques.

La finalidad del presente diagnóstico fue conocer y describir las funciones y atribuciones que se llevan a cabo en el área del vivero de la finca, dicha área cumple con funciones específicas dentro de las cuales se pueden mencionar: proporcionar la planificación para la producción anual, llevar un control general de la producción de meristemas de banano (*Musca spp*), calidad de los meristemas, cantidad de meristemas, coordinar la trazabilidad de la finca para realizar las plantaciones, realizar actividades de logística en el proceso, producción de fertilizante orgánico lombricompost y distribución de órdenes de siembra, entre muchas más.

La información se obtuvo por medio de entrevistas realizadas al personal administrativo y operadores que laboran dentro del área de vivero, con el objetivo de ejecutar un análisis FODA herramienta útil para plasmar la situación real del vivero siendo de utilidad en la toma de decisiones futuras sobre aspectos positivos y negativos del área.



## 1.2 MARCO REFERENCIAL

### 1.2.1. Descripción general de la finca.

La finca representa un legado de excelente producción de banano, el cual es exportado principalmente a Estados Unidos, Europa y Asia. Actualmente se trabaja con la variedad Williams.

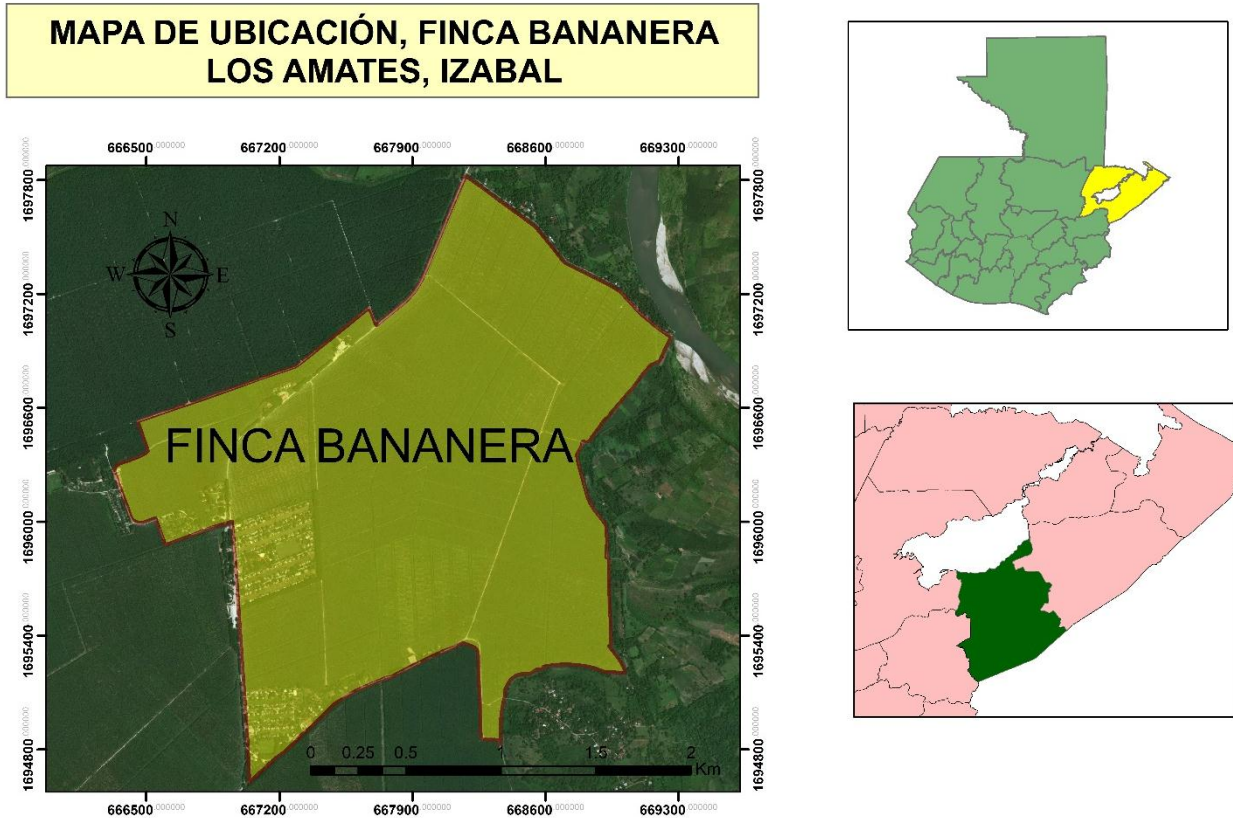
Cabe mencionar que la empresa actualmente trabaja con tres certificadoras Rainforest Alliance, Global Gap y SCS, las cuales buscan por objetivo fomentar una producción sostenible y de forma respetuosa con el medio ambiente, mediante el uso racional de recursos utilizados, tomando en cuenta factores como: fuentes de agua, suelos, productos fitosanitarios, consumo de energía, fertilizantes y gestión de residuos.

### 1.2.2. Ubicación geográfica.

Las prácticas se llevaron a cabo en la empresa Bananera, en la finca 6, específicamente en el vivero de esta, ubicada en el municipio Los Amates, en el departamento de Izabal. Ubicado a  $15^{\circ}17'6''$  de latitud y  $-89^{\circ}00'54''$  de longitud a una altura de 5 m s.n.m. (Google maps, 2018). En la figura 1 se encuentra la fotografía área de la finca donde se realizó dicha investigación.

### 1.2.3. Límites y Colindancias del municipio Los Amates, Izabal

Los Amates colinda geográficamente al norte con los municipios de Morales y Livingston (Izabal); del lado este con el municipio de Morales (Izabal) y la República de Honduras; con la República de Honduras y el municipio de Gualán (Zacapa) al sur; y por el oeste con Gualán (Zacapa) y el municipio El Estor (Izabal). (Sandoval Mendoza, 2005).



Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 1. Mapa de la finca donde se realizó la investigación, Los Amates, Izabal.

#### 1.2.4. Zona de vida de la finca bananera.

Según De la Cruz (1982), la clasificación de zonas de vida de Izabal; al nivel de reconocimiento, el área de estudio corresponde a la zona de vida del bosque muy húmedo Subtropical Cálido que constituye la zona de vida más grande del departamento.

. Guatemala se basa para la clasificación de las zonas de vida en el sistema de Holdridge, que considera tres aspectos importantes o ámbitos que son temperatura, precipitación y humedad. El sistema Holdridge identifica las siguientes zonas de vida para la localidad de la finca “Bananera” : Bmh-Sc (bosque muy húmedo sub tropical cálido) y Bmh-T (bosque muy húmedo tropical). La transpiración potencial en las zonas boscosas está entre 1,650 mm – 1,750 mm al año. (Mayén, 2006).

### 1.2.5. Condiciones climáticas

- a) Temperatura ambiente: máxima 32° C - mínima 24° C - media 28° C
- b) Precipitación: 2,650 mm anuales
- c) Humedad relativa 81 %
- d) Altura: 70 m s.n.m.

### 1.2.6. Descripción de los invernaderos con que cuenta el vivero de la finca bananera.

Los meristemas de la planta de banano disponen de tres viveros bajo una cobertura de sarán que es un mecanismo de sombra que filtra el 50 % de la radiación solar, establecido con la ayuda de postes y cables de acero tensados. Figura 2.

#### Vivero 1:

Área total de la infraestructura de 26,430.30  $m^2$ .

Número de camas: 65

Dimensiones de camas: 5.40 m de ancho por 75.3 m de largo.

#### Vivero 2:

Área total de la infraestructura de 13,011.84  $m^2$ .

Número de camas: 32

Dimensiones de camas: 5.40 m de ancho por 75.3 m de largo.

#### Vivero 3:

Área total de la infraestructura de 4,320  $m^2$ .

Número de camas: 16

Dimensiones de camas: 5.40 m de ancho por 50 m de largo.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 2. Fotografía estructura de los viveros ubicados en el área de vivero de la finca bananera.

#### 1.2.7. Funciones del área de vivero

- Recepción y supervisión del material vegetal para determinar las características adecuadas, luego de ser traídos del laboratorio.
- Coordinación de los programas de fertilización, control de malezas, fungicidas, insecticidas, riego, chequeo de nitritos y nitratos y mutaciones de los meristemos.
- Revisión de la formación estructural de la planta semanalmente.
- Coordinación de actividades de logística en el proceso de siembra y la distribución de los meristemos en cada área de resiembra.
- Elaboración de lombricompost.
- Propagación de especies forestales y ornamentales.
- Mantenimiento de área experimental de sigatoka (*Mycosphaerella Fijensis*).
- Control y lectura de la estación meteorológica.

### 1.2.8. Estructura organizacional de la finca bananera.

La empresa tiene 86 años de estar laborando en Guatemala, como tal, y dedicarse a la producción de banano y la comercialización a nivel internacional del mismo (Figura 3). La organización de la empresa está constituida por varios departamentos, dentro de los cuales están:

**Gerencia General:** Que está encargada primordialmente de dirigir y conducir a la empresa, así como también es la encargada de la toma de decisiones y la coordinación entre los demás departamentos, es también a quien cada departamento debe rendir informes de los resultados.

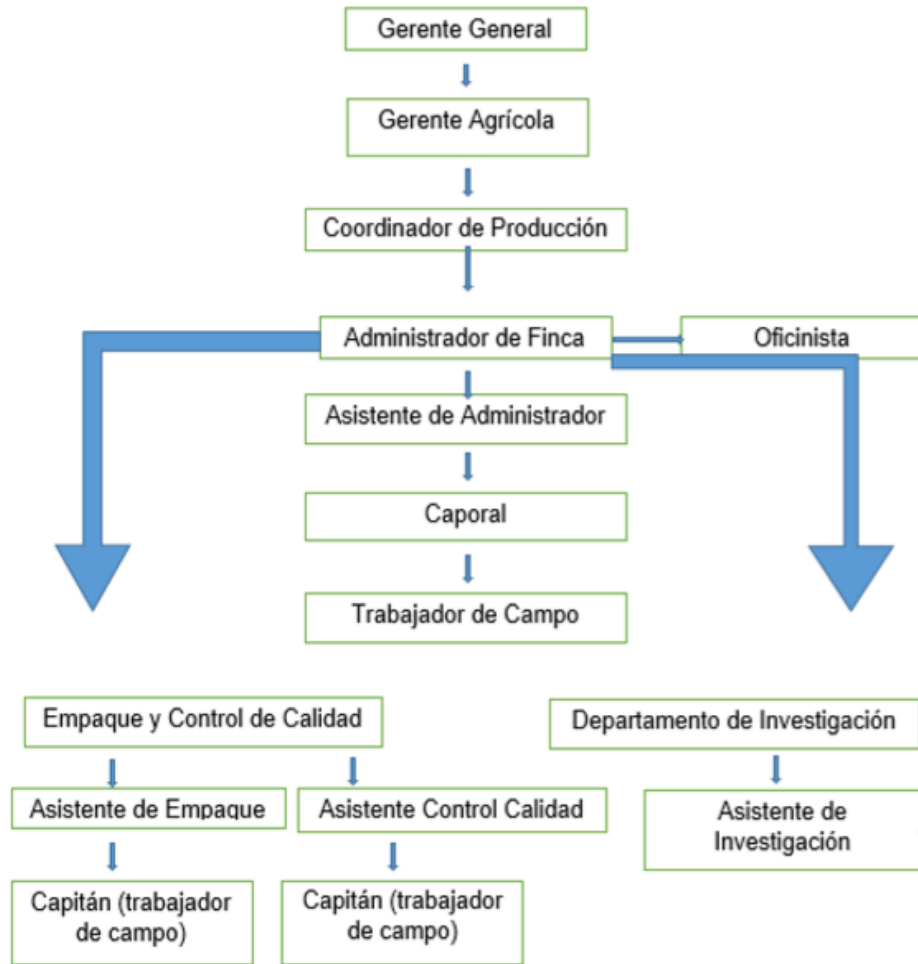
**Gerente Agrícola:** Es el encargado de toda la logística en donde estén involucrados aspectos tanto de producción como empaque del mismo, y es a quien se le debe de brindar los informes de parte de los demás coordinadores y gerentes de las otras áreas.

**Coordinador de Producción:** Es encargado de poner en práctica y de dirigir todas las labores designadas por el gerente agrícola, para que éstas se realicen de la mejor manera, es uno de los que debe de rendir cuentas al gerente agrícola.

**Administrador de la Finca:** Es quien se encarga de designar a los trabajadores de campo las labores que se deben de realizar dentro de la plantación, así como también es el encargado de supervisar éstas mismas labores.

**Administrador de Empaque y Control de Calidad:** Es el encargado de una de las labores de mayor cuidado dentro de la empresa, ya que es el encargado de recibir la fruta que llega de campo y realizar las inspecciones necesarias para conocer el estado de la misma, así como también verificar que la fruta sea empaquetada de la manera adecuada para que no sufra golpes.

**Departamento de Investigación:** Es encargado de llevar a cabo las investigaciones necesarias para realizar mejoras a las plantaciones, se realizan investigaciones como nuevas variedades y productos de fertilizantes, insecticidas, fungicidas, etc. También son los encargados de la innovación dentro de la empresa.



Fuente: Ricky López, 2017.

Figura 3. Organigrama de la empresa bananera, Los Amates, Izabal, Guatemala.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo General:

1. Conocer la situación actual del vivero de la finca bananera, ubicada en Los Amates, Izabal, Guatemala.

### 1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Identificar la importancia del área del vivero y la función que la misma cumple en la finca bananera.
2. Mencionar las atribuciones más importantes realizadas por el personal en el área del vivero.
3. Realizar una matriz de análisis FODA y una matriz de forma analítica para conocer la situación actual del área del vivero.

## 1.4 METODOLOGÍA

### 1.4.1. Definición del área de estudio

El diagnóstico se realizó en el vivero de la finca bananera, ubicada en el municipio de Los Amates, departamento de Izabal.

### 1.4.2. Tiempo y espacio de realización

Fue realizado durante un mes, comprendido de febrero a marzo de 2018.

### 1.4.3. Recolección de la Información

#### 1.4.3.1. Búsqueda de la información primaria

##### A. Observación

La técnica de observación consistió básicamente en agudizar los sentidos de la vista, tacto y oído, con la finalidad de obtener información acerca de la infraestructura de los viveros, protocolos de ingreso a los mismos, actividades de la aclimatación de los meristemas, procesos de siembra.

De igual manera se realizó un recorrido en las diferentes áreas que posee el vivero, tomando fotografías de las actividades y aspectos de importancia, con la finalidad de tener un panorama amplio del lugar.

Los materiales utilizados fueron una libreta de notas para apuntar aspectos importantes en los procesos productivos, lapicero y teléfono con cámara.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 4. Fotografía del recorrido del vivero de la finca bananera.



## B. Entrevistas

Esta fue realizada a todo el personal que labora en el vivero, se realizó una serie de preguntas en forma de entrevista entablando una conversación informal, los mismos proporcionaron datos acerca de los recursos con los que cuenta el área así también datos importantes acerca del cultivo y factores que afectan la aclimatación de meristemas con la finalidad de identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas existentes dentro del área. Se logró observar las actividades que se realizan en el área y las funciones que esta realiza para apoyar al resto de áreas así también se logró determinar la organización estructural de la misma.

Posteriormente se procedió a relacionar la información obtenida por la observación en campo y los temas de interés tanto económico como práctico a la empresa, para formular el tema de investigación a realizar en el ejercicio profesional supervisado se consultó al jefe del vivero y al gerente de servicios técnicos.

Los materiales utilizados fueron libreta de campo, lapiceros, teléfono celular con teléfono, hoja con esquema de información a adquirir, para entablar conversación con los empleados y obtener dicha información.

### 1.4.3.2. Búsqueda de la información secundaria.

Se realizó la revisión bibliográfica acerca de la información del vivero de la finca bananera, así también se revisaron los documentos de gestión de la empresa, donde se encontraban a detalle las actividades y procedimientos que se realizaban en el vivero de la finca.

Para obtener la demás información se utilizó la computadora para investigar a detalle la ubicación, municipios, departamentos, colindancias y rutas de acceso, condiciones climáticas, zona de vida, así también información referente a la herramienta para planeación estratégica FODA.

Los materiales utilizados fueron computadora, libreta de campo, teléfono celular, documentos impresos de la empresa con información importante de la misma.

### 1.4.3.3. Análisis de la Información.

#### A. Matriz de análisis FODA

Se procedió a realizar un resumen con la información recabada obtenida de las fuentes primarias y secundarias (revisión bibliográfica) acerca de la ubicación de la finca y de los viveros de aclimatación de los meristemas, así como de las actividades específicas que se realizan en el vivero, analizando aspectos de organización y distribución de actividades.

Para determinar la situación actual del vivero se utilizó una herramienta de planeación estratégica llamada: análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas conocida por las siglas del nombre de cada uno de los elementos de análisis como: FODA cuyo resultado es la propuesta formalizada de una serie de acciones a realizar. (Ramírez Rojas, J.L. 2012).

Generalmente se dispone las variables en cuatro cuadrantes posicionados dos en la parte superior (lo cuales afectan internamente) y dos en la parte inferior (los cuales afectan externamente), en la primera columna se coloca las variables que afectan positivamente y en la segunda columna se coloca las variables que afectan negativamente.

#### B. Variables de la matriz de análisis FODA

Se inició con la definición de los conceptos de las variables evaluadas en la matriz, cabe mencionar que se organizan en variables internas positivas (fortalezas) internas negativas (debilidades), externas positivas (oportunidades) y externas negativas (amenazas).

##### a. Fortalezas

En esta variable se colocaron todos aquellos elementos o factores que se encuentran bajo el control del área de estudio, se mencionan entre otros, las ventajas o beneficios presentes, posibilidades atractivas en el futuro, habilidades y destrezas.

##### b. Debilidades

En esta variable se albergaron las deficiencias o carencias, niveles bajos de desempeño, denota una desventaja ante la competencia, muestra algún obstáculo para la

consecución de los objetivos, tecnología, productos entre otros aspectos negativos del área de estudio.

#### c. Oportunidades

La variable de oportunidades abarca todas aquellas circunstancias del entorno que son potencialmente favorables para el área de estudio, pueden ser tendencias que se detectan y que pueden ser utilizadas.

#### d. Amenazas

Son factores del entorno que resultan en circunstancias adversas que ponen en riesgo el alcanzar los objetivos establecidos, pueden ser cambios o tendencias que se presentan repentinamente o de manera paulatina las cuales crean una condición de incertidumbre e inestabilidad, competencia agresiva, precio, restricciones gubernamentales, inflación entre otras. (García López T. & Cano Flores M. 2013).

#### C. Resultados de la matriz FODA.

Por último, se realizó un análisis de la matriz de FODA, de forma analítica o cruzada para recomendar decisiones estratégicas para el aprovechamiento de las fortalezas y oportunidades y reducir las amenazas y debilidades.

Los recursos y materiales utilizados fueron, libreta de campo, lapiceros, computadora, formato de análisis FODA, con el apoyo del personal de campo del vivero y personal administrativo.

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Matriz de análisis FODA

El análisis FODA muestra las fortalezas oportunidades debilidades y amenazas del área en cuestión En el cuadro 1 se observa un análisis FODA realizado al área de disponibilidad

Cuadro 1. *Matriz del análisis FODA realizado en el vivero de la finca bananera.*

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Personal con capacidad, experiencia y destreza para realizar las actividades agrícolas.</li> <li>2. Realización de las actividades en orden cronológico según lo establecido.</li> <li>3. Utilización de agroquímicos de excelencia.</li> <li>4. Material Vegetal en muy buenas condiciones.</li> <li>5. Instalaciones en buen estado para el desarrollo de los meristemos.</li> <li>6. Funcionamiento de lombricomposteras.</li> <li>7. Certificados por Global GAP y SCS.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deficiente sistema de riego.</li> <li>2. Sustrato utilizado para los meristemos demasiado heterogéneo, difícil conocer su procedencia.</li> <li>3. Mala coordinación con las siembras de las fincas, plantas pasaban más de seis semanas de desarrollo en el vivero.</li> <li>4. Deficiente control de plagas.</li> <li>5. Procedimiento de lombricomposta deficiente.</li> <li>6. Poca comunicación de encargado al personal.</li> </ol>
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El mercado del banano es el más estable a comparación de cualquier cultivo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costos más bajos de siembra directa de meristemos en campo definitivo</li> <li>2. Incremento de los costos de fertilizantes cada año.</li> </ol>

<p>2. La aclimatación por meristemos tiene un buen control de parición de la planta.</p> <p>3. Excelentes instalaciones de lombricomposteras.</p>	<p>3. Daños a la infraestructura provocados por los fenómenos climáticos.</p> <p>4. Incremento de los costos de meristemos propagación in vitro.</p>
---	--

Fuente: elaboración propia, 2018.

## 1.5.2. Análisis de la matriz FODA, de forma analítica (cruzada).

### 1.5.2.1. Estrategia FO

El área del vivero cuenta con personal capacitado, con bastante experiencia, tenemos un excelente material vegetal e insumos agroquímicos, por lo que se debe esperar una muy buena producción de racimos de banano, tomando en cuenta que todas las actividades en campo se realicen bien. De igual manera se tiene en el vivero la elaboración de lombricomposteras con muy buenas instalaciones, se hace necesaria la utilización de este fertilizante orgánico ya que no es bien aprovechado.

### 1.5.2.2. Estrategia FA

Dar continuidad con el procedimiento que existe de la aclimatación de meristemos con el personal capacitado y con experiencia, permitirá que los costos de producción se mantengan y no haya necesidad de acudir a la siembra directa en campo definitivo.

### 1.5.2.3. Estrategia DO

El control de siembra y parición en las plantaciones de banano son fundamentales para programar una cosecha cuando hay demanda en el mercado, para dicha programación es importante que los meristemos de banano lleguen a campo en las mejores condiciones, por lo que se hace necesario implementar nuevas tecnologías en el sistema de riego, cada

año realizar un análisis de sustrato donde se conozcan las características químicas y biológicas y de esta manera poder optimizar la utilización de los insumos agrícolas, en base a las necesidades del cultivo y el aporte del sustrato, realizar un cronograma con la finca para que la siembra sea exactamente cuando el meristemo alcance los parámetros óptimos para llevar a campo definitivo, realizar charlas semanales para crear un mejor vínculo entre los encargados y personal operativo y dar a conocer avances y problemáticas del vivero.

#### 1.5.2.4. Estrategia DA

Es importante mejorar el sistema de riego, y realizar el cronograma de siembra para coordinar bien la entrega de los meristemos en tiempo establecido ya que al momento de que estas plantas pasen en el vivero mas de los días requeridos los costos de producción se incrementan y el vivero ya no es rentable para la empresa. Por lo que se deben de optimizar los insumos en la aclimatación de meristemos. En el cuadro 2 se muestra la matriz FODA en forma analítica realizada en el vivero.

Cuadro 2. *Matriz analítica del FODA realizada en el área de vivero de la finca bananera.*

Factores		Factores Internos	
		FORTALEZAS	DEBILIDADES
Factores Externos	OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechar la experiencia del personal operativo, y lograr una buena aclimatación de meristemos.</li> <li>• Aprovechar los recursos disponibles para eficientizar el desarrollo de los meristemos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar la aclimatación de los meristemos las cosechas en temporada alta de producción.</li> <li>• Implementar nuevas tecnologías de riego.</li> <li>• Realizar un análisis de sustrato al iniciar</li> </ul>

		<p>con la siembra de meristemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un cronograma de siembra con la finca para coincidir en el periodo de aclimatación de los meristemas.</li> </ul>
<b>AMENAZAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar continuidad con el procedimiento que existe de la aclimatación de meristemas con el personal capacitado y con experiencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la comunicación jerárquica dentro del vivero con la finca.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia, 2018.

## **1.6 CONCLUSIONES**

1. El área de vivero es la encargada de la aclimatación de meristemas de banano, tomando en cuenta la sanidad y manejo para garantizar una excelente cosecha.
2. Las atribuciones más importantes es el manejo y especialidad de los cuidados de los meristemas, como es la detección de mutaciones en vivero, análisis de aplicación de fertilizante, elaboración de lombricompost.
3. Al realizar el análisis y la matriz FODA (cuadro 1 y cuadro 2) como herramienta de planeación estratégica, se logró identificar y nombrar las principales oportunidades las cuales se deben aprovechar y los principales problemas que se deben eliminar o minimizar en el área del vivero.

## **1.7 RECOMENDACIONES**

1. Tomar en cuenta las propuestas formalizadas de las acciones a tomar para utilizar las fortalezas, aprovechar las oportunidades, eliminar las debilidades y minimizar las amenazas.
2. Se recomienda realizar este diagnóstico con más frecuencia para poder visualizar las oportunidades que pueden ser aprovechadas para adquirir una ventaja con el mercado externo.

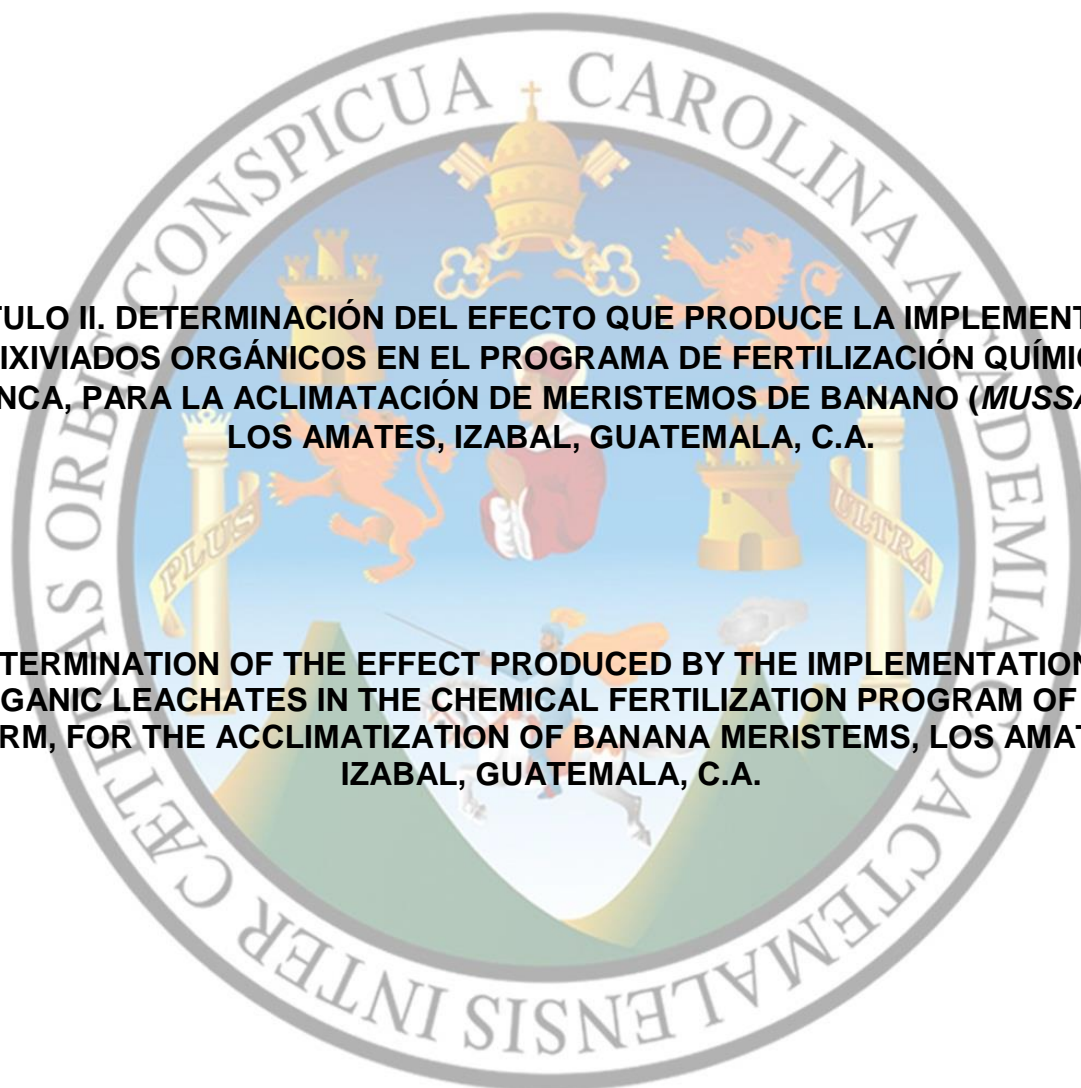


## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. De la Cruz S, J. R. 1976. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento basada en el sistema Holdridge. Obtenido de Academia: [http://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACIÓN\\_DE\\_ZONAS\\_DE\\_VIDA\\_DE\\_GUATEMALA](http://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACIÓN_DE_ZONAS_DE_VIDA_DE_GUATEMALA)
2. García López, T.; Cano Flores, M. 2013. El FODA una técnica para el análisis de problemas en el contexto de la planeación en las organizaciones. Obtenido de Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas: <https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/foda1999-2000.pdf>
3. López Villeda, R. M. 2017. Manejo cultural y orgánico de sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) en vivero de banano; Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/06/14/Lopez-Ricky.pdf>
4. Ramírez Rojas, J. L. 2012 Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. Obtenido de Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas: <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf>

**CAPÍTULO II. DETERMINACIÓN DEL EFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA DE LA FINCA, PARA LA ACLIMATACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (*MUSSA SPP*), LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A.**

**DETERMINATION OF THE EFFECT PRODUCED BY THE IMPLEMENTATION OF ORGANIC LEACHATES IN THE CHEMICAL FERTILIZATION PROGRAM OF THE FARM, FOR THE ACCLIMATIZATION OF BANANA MERISTEMS, LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A.**



## 2.1 PRESENTACIÓN

El establecimiento de nuevas áreas y la renovación de plantaciones de banano por el método de propagación de vitro-plantas generadas a partir de meristemos es cada vez más empleado, debido a las ventajas que éste trae consigo, como el crecimiento homogéneo de las plantas, la planificación de cosechas, precocidad en el momento de la parición, calidad de la fruta, vigor de la planta, y renovación genética de las plantas.

La empresa bananera aplica fertilizantes químicos cada vez en mayor proporción olvidando o ignorando el uso de la materia orgánica como fuente de biofertilizantes indispensables para mantener en la planta un equilibrio metabólico en sus tejidos y aumentando los costos de producción.

Entre los factores más importantes en la aclimatación de meristemos de banano esta la fertilización debido a que la planta tiene una alta demanda durante las primeras semanas (CIAT, 2018). Dentro de los elementos más requeridos por la planta tenemos el potasio ( $734 \text{ kg. ha}^{-1}$  -  $1268 \text{ kg-ha}^{-1}$ ) y el nitrógeno ( $198 \text{ kgha}^{-1}$  -  $339 \text{ kg-ha}^{-1}$ ) (Espinosa, 1995).

La importancia de residuos biodegradables como lixiviado de raquis del banano y lixiviado de lombricomposta, radica en que, al ser desintegrados y aplicados al suelo, serán transformados en forma natural por los microorganismos del suelo, suministrando a las plantas sustancias orgánicas como aminoácidos, azúcares y hormonas del crecimiento que son absorbidas por las raíces del banano. (Angarita, P; Ariza, H; Blanco, I; Noguera, C; Redondo, I. 2015).

Con el objetivo de incorporar dichos lixiviados orgánicos dentro del programa de fertilización química se evaluaron cinco tratamientos con tres repeticiones bajo un diseño completamente al azar. Se tomaron datos del desarrollo de los meristemos de banano (*mussa spp*) durante 6 semanas. Se concluyó que el lixiviado de lombricomposta presentó diferencia significativa en la variable altura, mientras que para las demás variables no presentó diferencia significativa y mostro mejor concentración nutricional, mientras que en el análisis económico el lixiviado de raquis de banano presento ser el de menor costo, sin embargo, no presentó diferencias significativas para ninguna de las variables de respuesta

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Marco Conceptual

#### 2.2.1.1. Origen y distribución del banano (*mussa ssp.*).

Simmond (1962) y Soto (1990), nos dicen que el centro de origen del banano se encuentra ubicado en el sureste asiático e Indochina y fue allí donde fue domesticada dicha planta. Se dice que la planta de banano se utilizó por primera vez como una fuente de fibra y las hojas eran utilizadas como materiales de envolturas (Ortiz, 1999).

Se dice que todas las especies de banano de la actualidad vienen de una especie con semillas, oriunda del archipiélago malayo, de Filipinas y otras regiones de Asia suroccidental. En la actualidad todas las plantas de banano que poseen frutas partenocárpicas, se encuentran distribuidas en la zona intertropical. (IICA, 1989).

En la actualidad la propagación vegetativa, unida a la interacción de esterilidad-poliploidia-partenocárpica, únicamente dejan una fuente de variación las cuales son variaciones somáticas. Estas variaciones dan el origen a dos tipos los cuales son plátanos y bananos. (León 1987).

La fruta del banano fue seleccionada por su facilidad para ser consumida cruda, es por ello por lo que hoy en día es de las frutas con mayor demanda en el mercado. Sus características partenocárpicas (desarrollo del fruto sin polinización) y su ausencia de semillas, son también posibles peculiares características para su elección como cultivo (Vega 1999).

Geográficamente el cultivo de banano se encuentra distribuido en los trópicos y subtrópicos. Vega (1999) nos dice que en condiciones naturales podemos encontrar al banano en tierras cercanas a costas, lagos, orillas de ríos y zonas selváticas en una amplia distribución.

### 2.2.1.2. Morfología de la planta de banano (*mussa ssp.*).

La planta de banano es herbácea con tamaños muy variables dependiendo de la especie oscilan entre dos a cinco metros. Las hojas se desarrollan de tamaño creciente teniendo de origen la cepa o cormo, y el pseudotallo se forma a través de las vainas en forma de espiral, coronando un penacho de hojas largas y anchas. Durante el periodo vegetativo de la planta desarrolla 35 hojas siendo la número 36 la inflorescencia, que, en su salida, sufre un encorvamiento negativo y la fruta se desarrolla durante 80 días - 90 días (Vega, 1999).

#### Cormo o rizoma

Es una estructura cónica asimétrica, con eje central curvo y doblado hacia arriba, formado por muchos entrenudos cortos y escamas que pasan entre ellos en gran parte de su anchura. Las raíces brotan de los entrenudos, en grupos de tres o cuatro. En la parte apical del cormo aparecen las hojas, que forman al principio un cormo sólido. Es un órgano importante de almacenamiento que provee alimento al racimo y ayuda en el desarrollo de los hijos de la planta. Antes de la floración el cormo contiene cerca del 35 % del total de materia orgánica de la planta. Este porcentaje baja a un 20 % al momento de madurez del fruto, conforme las reservas se redistribuyen durante el crecimiento (Vega, 1999).

#### Raíces

Según Ortiz (1999), el desarrollo de las raíces de la planta de banano se encuentra en los primeros 50 cm aproximadamente del suelo, por lo que se les puede llamar un sistema radicular adventicio, el sistema radicular posee un eje principal de donde se desarrollan raíces laterales o raíces de primer orden; y a partir de ellas se van desarrollando las raíces secundarias o de segundo orden. Las raíces terciarias o cuaternarias emergen de una zona marginal y atraviesan la corteza para desarrollarse en el cormo estas son blandas y carnosas poseen un grosor de entre 5 mm - 8 mm y pueden llegar a medir entre 5 m - 10 m, pero generalmente miden 1 m - 2 m.

La zona principal donde se localizan las raíces absorbentes oscila de 10 cm - 15 cm de profundidad, en un radio de 25 cm del pseudotallo. Está comprobado que el grosor del tallo y directamente proporcional con el número de raíces ya que a mayor número de raíces el tallo posee un mayor grosor, siendo sus funciones principales las de sostén, absorción de agua y nutrientes, la síntesis de hormonas y el almacenamiento. Por lo que se dice que las plantas sembradas en suelos pesados poseen menor cantidad de sistema radicular que las plantas que se ubican en texturas de suelos más livianas. (Ortiz 1999).

Las plantas de banano saludables deben de desarrollar entre doscientas y quinientas raíces. Según Ortiz (1999), el crecimiento y desarrollo radicular depende principalmente de condiciones de textura y estructura del suelo, las condiciones de aireación y humedad (drenaje y riego), la compactación de suelos, la fertilidad del suelo y la aplicación de productos químicos.

#### Pseudotallo y hojas

Estas conforman la parte aérea de la planta, están formadas por unas vainas que van envolviendo a las hojas. Las hojas más nuevas son las que se encuentran en el interior, las cuales se abren para darle paso a las láminas las cuales salen como rollos apretados en el centro del pseudotallo (León 1987).

Según Ortiz (1999) las hojas escala son aquellas primeras hojas del hijo que se producen partiendo del meristemo central o planta madre, seguidas por las hojas angostas (de espada) y finalmente se forman las hojas de tamaño completo o hojas verdaderas cerca de los seis meses de edad. Las hojas que poseen el mayor tamaño se desarrollan al momento de la floración. El verdadero tallo aéreo se forma a partir del cormo y finaliza en la inflorescencia tiene como función principal la conexión vascular entre las hojas y las raíces, y los frutos y las hojas.

#### Inflorescencia y racimo

La planta de banano desarrolla la inflorescencia en la hoja número 36, en este eje las hojas son remplazadas por brácteas masculinas. Las primeras tres o cuatro brácteas no cubren ninguna flor. (León 1987).

La inflorescencia está formada por glomérulos florales o grupos de flores dispuestas en dos hileras e insertadas en abultamientos del raquis conocido como corona (manos). La inflorescencia está formada por tres tipos de flores: a) pistiladas, en manos superiores; b) neutras, en la sección central; c) estaminadas, en el punto terminal del racimo (Ortiz 1999). El perianto de la flor de dos pétalos (mayor y menor). El ovario es un cuerpo alargado y angosto en la base, generalmente curvo. El ápice es plano y ancho y en él se inserta el perianto, el pistilo y los estambres. El ovario es trilocular, con óvulos en filas longitudinales (León 1987).

### Fruto

Según Robinson, citado por Ortiz, el fruto del banano se caracteriza botánicamente como una cereza con pericarpio (Ortiz 1999). El fruto se forma por un gran aumento en volumen de los ovarios de las flores pistiladas, su forma varía según el cultivar y el color es generalmente amarillo. La parte comestible es el resultado del engrosamiento de las paredes del ovario convertido en una masa parenquimatosa cargada de azúcar y almidón según León 1987, el desarrollo del fruto es partenocárpico, o sea, sin polinización. Los frutos son estériles debido a una serie de causas que incluyen genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y cambios cromosómicos.

#### 2.2.1.3. Variedad William de banano (*mussa* spp).

Presenta un sistema radicular similar al Gran Nane, siendo una variedad de porte mediano; alcanzando una longitud de inflorescencia de 75 cm a 150 cm. El pseudotallo alcanza una altura que oscila entre los 2.00 m a 4.00 m. El diámetro de este es de 35 cm a 50 cm, siendo de un color verde.

Esta variedad fue introducida recientemente porque ha demostrado ser muy resistente a inundaciones y al viento por su excelente anclaje (Anacafe, 2016).

La práctica se realizó con la variedad Williams con la que se estuvo trabajando dentro del vivero. Ya que se realizó un cambio varietal dentro de las plantaciones de la finca, siendo esta variedad la que presenta las mejores condiciones para el área de Izabal. Se manejó únicamente la producción de meristemas de esta variedad.

#### 2.2.1.4. Tipo de suelo

Las bananas crecen bien en un amplio rango de suelos. El suelo ideal debe estar bien drenado, pero a su vez debe tener una buena capacidad de retención de agua. El pH del suelo debe estar entre 5.5 y 6.6. Además, el suelo no debe ser compacto. Por lo general este tipo de suelo debe ser un Franco limoso.

#### 2.2.1.5. Clima

Las bananas crecen mejor en áreas con precipitaciones anuales bien distribuidas de 2,500 mm o más. El riego resulta necesario si las precipitaciones son inadecuadas o irregulares. Las plantas de bananas crecen mejor en áreas protegidas debido a que son susceptibles a sufrir daños por viento. Una temperatura promedio de 27 °C (81 °F) y mucho sol son los factores que benefician al óptimo desarrollo de la planta y a sus rendimientos. Las condiciones óptimas para la maduración de las bananas son: temperaturas de 20 °C-21 °C (68 °F – 70 °F) y humedad relativa del 90 %. A medida que la fruta madura, el almidón interno se va convirtiendo gradualmente en azúcar.

#### 2.2.1.6. Riego

El agua es probablemente el factor abiótico más limitante en la producción de bananas. La estricta necesidad de agua por parte de este cultivo puede ser satisfecha media ante una efectiva precipitación o por riego. El uso de estas dos fuentes de agua varía ampliamente a lo largo del mundo. La banana es una planta con una rápida tasa de crecimiento, alto consumo de agua, una distribución de las raíces poco profunda y extendida, raíces con débil fuerza de penetración en el suelo, pobre capacidad para extraer agua de suelos secos, baja resistencia a las sequías, y una rápida respuesta fisiológica al déficit de agua en el suelo.

#### 2.2.1.7. Nutrición

La extracción de nutrientes del suelo en el cultivo de banano es muy alta, por lo cual, las características químicas del suelo son muy importantes para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Asimismo, el manejo de la fertilización del cultivo se constituye una práctica determinante para la obtención de altos rendimientos.



El sistema de raíces de las plantas de banana se esparce en los 60 cm superiores del suelo. Siendo un cultivo exhaustivo, se debe realizar una aplicación correcta de fertilizante para obtener buenos rendimientos.

El banano requiere de elementos químicos indispensables para el crecimiento y producción de la planta denominados elementos esenciales. Algunos de estos son suplidos por el aire y el agua (carbono, hidrógeno y oxígeno) y otros por el suelo. Los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre son requeridos en mayores cantidades por la planta, por lo que se llaman elementos mayores o macronutrientes. Otros en cambio son requeridos en muy bajas cantidades y se les conoce como elementos menores o micronutrientes, entre los cuales están: zinc, boro, cobre, hierro, manganeso y molibdeno. (Vega 1999).

La elección de fertilizantes, dosificación de nutrientes, tiempo de aplicación, etc. varían ampliamente con respecto a las regiones agroclimáticas y a la variedad.

Efectos de una fertilización adecuada en plantas de bananos:

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

#### 2.2.1.8. Requerimientos nutricionales del cultivo de banano (*Mussa ssp*).

El cultivo de banano requiere de elementos químicos indispensables para el desarrollo y crecimiento de la planta los cuales se denominan elementos esenciales.

Dentro del grupo de elementos esenciales tenemos el carbono (C), el oxígeno (O) y el hidrogeno (H) que los podemos encontrar en la atmósfera y en el agua.

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

Los primarios son los que se requieren en mayor cantidad estos son: nitrógeno (N), fósforo (P) y Potasio (K). Los secundarios son los que se requieren en bajas cantidades los cuales son: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y azufre (S). Y finalmente la planta requiere de elementos menores los cuales esta necesita en cantidades muy pequeñas y estos son: zinc (Zn), Boro (B), Cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) y Sodio (Na). En el cuadro 3 se muestran los requerimientos nutricionales para el banano (*Mussa spp*).

Cuadro 3. *Los requerimientos de nutrientes varían de acuerdo con el rendimiento esperado y al crecimiento de la planta, (rendimiento esperado: 30 T/ha - 60 T/ha).*

Requerimientos Nutricionales (k/ha)				
N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO
Absorción por parte de la planta entera				
198-339	68-114	734-1268	165-273	92-155
Dosis de aplicación recomendada				
190-359	91-146	454-988	67-121	76-139

Fuente: Espinosa ,1995.

#### 2.2.1.9. Principales funciones de los nutrientes esenciales en el cultivo del banano

Nitrógeno (N): participa en la fotosíntesis, la respiración y muchos otros procesos metabólicos y fisiológicos. Es un componente importante de la estructura de proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, reguladores de crecimiento y muchos otros compuestos. Desde el punto de vista del manejo de la fertilización, es el elemento más importante.

Fósforo (P): forma parte del ATP, compuesto que transporta energía dentro de la planta. Participa también en la fotosíntesis, la respiración y la síntesis y descomposición de proteínas, grasas y carbohidratos. El fósforo se requiere en altas concentraciones en las regiones de crecimiento. Con el banano, no se ha generalizado su uso, debido a la poca respuesta de la fertilización del suelo con este elemento.

Potasio (K): aunque el potasio no forma parte de la estructura de compuestos orgánicos dentro de la planta, es fundamental catalizando procesos tan importantes como la respiración, la fotosíntesis y la regulación del contenido de agua dentro de las hojas. Su función está ligada al transporte de azúcares y, por tanto, permite el adecuado engrosamiento de la fruta. El potasio es considerado un elemento muy importante en la nutrición del cultivo, debido a que se requiere en muy altas cantidades en la planta.

Calcio (Ca): es muy importante para la formación de las paredes celulares. Participa como un activador enzimático y actúa en el proceso de división celular, estimulando de esta forma el desarrollo de raíces y hojas.

Magnesio (Mg): es el componente central de la molécula de clorofila y, por tanto, es muy importante en el proceso de fotosíntesis. Es un activador del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas e interviene en el transporte de fosfatos.

Azufre (S): está asociado con la formación de clorofila y con el metabolismo de carbohidratos. Forma parte de la estructura de proteínas como integrante de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina.

Zinc (Zn): es un activador de diversas enzimas y participa en la síntesis de reguladores de crecimiento.

Cobre (Cu): es un activador enzimático. Es necesario en el proceso de fotosíntesis.

Boro (B): el papel del boro en el metabolismo de la planta no es muy claro aún. Existe evidencia indirecta de que participa en el transporte de azúcares. Tiene importancia en el desarrollo celular, la floración y la fructificación.

Hierro (Fe): es importante en la formación de clorofila y participa activamente en la formación de varias enzimas.

Manganeso (Mn): participa en los procesos de respiración y en el metabolismo del nitrógeno. Es necesario en la síntesis de clorofila.

Molibdeno (Mo): es necesario para la formación de la enzima que se encarga de reducir el nitrato a amonio de la planta (Ortiz 1999).

#### 2.2.1.10. Respuesta del banano al potasio (K).

El banano posee un alto contenido de vitaminas y minerales, pero es particularmente conocido por su altísimo Contenido de potasio (K) (370 mg/100g de pulpa) haciendo el consumo de esta fruta una forma muy agradable de satisfacer los requerimientos diarios de K en la dieta humana. (López, A y Espinosa, J, 2010).

Debido a su acumulación en la fruta y en el resto de la planta, el K es el nutriente más importante en la producción de banano. El K es el catión más abundante en la célula de la planta de banano, aun cuando no forma parte de la estructura de la planta, Sin embargo, es fundamental porque cataliza importantes reacciones dentro de la planta como la respiración, la fotosíntesis, la formación de clorofila y la regulación del movimiento de agua. Es particularmente importante el papel del K en el transporte y acumulación de carbohidratos de la planta, ya que este proceso permite el llenado de la fruta y por ende la acumulación de rendimiento. (López, A y Espinosa, J, 2010).

#### 2.2.1.11. Factores que afectan el crecimiento de las plantas

El crecimiento es el desarrollo progresivo de un organismo. Se refiere al desarrollo de un órgano u órganos específicos de las plantas, o a las plantas consideradas en su conjunto, y puede estar relacionado al peso seco, longitud, altura o diámetro. La planta es un producto, tanto de una constitución genética, como de un medio ambiente. La constitución genética es una cantidad fijada para cada tipo de planta, y determina su potencial de crecimiento máximo bajo unas condiciones favorables a su desarrollo. El crecimiento de las plantas es función de varias condiciones ambientales o factores de crecimiento que pueden ser considerados como variables, y cuya magnitud y combinación determinan el crecimiento que puede obtenerse (Tisdale, 1988).

Entre los principales factores podemos mencionar:

##### Condiciones hídricas

El banano es una planta exigente en agua. En zonas de climas cálidos y húmedos necesita más de 125 mm a 150 mm de agua por mes. Sin embargo, la evapotranspiración puede sobrepasar los 200 mm (IICA 1989). Ortiz (1999) afirma que el cultivo debería

sembrarse en un lugar con 2000 mm de precipitación anual, o en condiciones donde se pueda aportar esta cantidad de agua mediante riego, para un promedio mensual de 100 mm a 180 mm.

### Temperatura

La temperatura óptima para su desarrollo y crecimiento se cree que esta cerca de los 27 °C. Algunos autores piensan que el máximo diario debe estar encima de 28 °C y el promedio no debe bajar de 22 °C. Sin embargo, las temperaturas optimas son diferentes según el proceso de que se trate (Ortiz 1999).

### Radiación solar.

El banano tolera bien la intensidad fuerte de luz si se logra satisfacer sus necesidades de agua. En cambio, la nebulosidad alarga el ciclo vegetativo, aumentando el tamaño de los retoños. Un promedio favorable de luz se encuentra entre las 2,000 h y 2400 h (IICA 1989). Las plantas necesitan de 7 MJ/m<sup>2</sup> a 16 MJ/m<sup>2</sup> de hojas por día para un crecimiento normal, el grado óptimo se encuentra cerca de 12 MJ/m<sup>2</sup> por día de radiación fotosintética activa. Si no se logran por lo menos 5 h de brillo solar diario, se afecta el crecimiento de la planta, los dedos salen cortos y las plantas se hacen más altas y se extienden los ciclos de cultivo (Ortiz 1999).

### Vientos.

Vientos secos en combinación con altas temperaturas pueden afectar seriamente las hojas del banano. Hasta 15 km/h el efecto del viento puede ser benéfico, al producir una mayor transpiración de la planta, y permitiéndole a esta bajar su temperatura. Con vientos de 40 km/h, las láminas de las hojas se empiezan a rajar. La volcadura de las platas se presenta con vientos de 55 km/h y se puede dar una pérdida de peso de hasta el 20 % de los racimos (Ortiz 1999).

### Nutrición y fertilización

La absorción de nutrientes del suelo en el cultivo de banano es muy alta, por lo cual, las características químicas del suelo son muy importantes para el crecimiento y desarrollo

del cultivo. Asimismo, el manejo de la fertilización del cultivo se constituye una práctica determinante para la obtención de altos rendimientos.

El banano requiere de elementos químicos indispensables para el crecimiento y producción de la planta denominados elementos esenciales. Algunos de estos son suplidos por el aire y el agua (carbono, hidrógeno y oxígeno) y otros por el suelo. Los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre son requeridos en mayores cantidades por la planta, por lo que se llaman elementos mayores o macronutrientes. Otros en cambio son requeridos en muy bajas cantidades y se les conoce como elementos menores o micronutrientes, entre los cuales están: zinc, boro, cobre, hierro, manganeso y molibdeno.

#### 2.2.1.12. Lixiviado

Es el proceso mediante el cual la materia orgánica se degrada formando un fertilizante líquido orgánico. La humedad de la materia orgánica es el principal factor para la obtención de lixiviado. (Muñoz 2017).

- Resultado de la degradación de la materia orgánica, con una alta concentración en sales minerales y otros derivados secundarios.
- Eliminan látex, sustancias fenólicas y quinonas propias de la oxidación de estos materiales, que son tóxicas para las lombrices.
- También contiene una gran cantidad de nutrientes y microorganismos.
- Coloración negra-marrón.
- La calidad de un lixiviado siempre dependerá del material inicial con el que se haga el compost, de los procedimientos que se sigan cuando se lleva a cabo el proceso del compostaje, de la temperatura de la que llegue el compost, del tiempo que se emplee, de la humedad del proceso y del buen mantenimiento del lixiviado cuando se almacene.
- Son más abundantes en los vermicompostadores, ya que tienen un sistema especial de recogida de éstos. En cambio, los compostadores domésticos presentan más dificultades para recoger el lixiviado, ya que deben estar en contacto con el suelo y se infiltran directamente en el suelo. (Muñoz 2017).

### 2.2.1.13. Lixiviado raquis de banano (*Mussa ssp*).

El raquis del banano, también conocido como pinzote, es un material rico en fibra (8 % de su peso) y además tiene un alto contenido de celulosa y lignina. En Costa Rica se producen alrededor de 114 millones de pinzotes por año, esto equivale a 33.3 millones de kilogramos de fibra, lo que constituye una gran cantidad de material con potencial para la elaboración de papel (Alfaro, 2004).

Ordoñez (2017) nos dice que el lixiviado de raquis de banano puede ser un excelente complemento en la fertilización de los cultivos de banano, debido a la diversidad de nutrientes que presenta. De esta manera, contribuye a mitigar la incorporación de altas concentraciones de fertilizantes y permite la recuperación ecológica de los nutrientes al suelo y las comunidades de organismos que lo habitan.

Este material por su valor nutricional puede ser reutilizado y reintegrado al suelo mediante la elaboración de composta y los subproductos de esta, como el humus y los lixiviados (Smesrud, 2012). Además, se ha estudiado como un potencial controlador de plagas y patógenos, lo que se atribuye principalmente a la gran cantidad de microorganismos presentes en los lixiviados, más que en la propia composta (Staley 2012). Los lixiviados de raquis se han evaluado en el cultivo de tomate, demostrando una mayor actividad microbiana en la etapa de floración y cosecha (Muñoz y Madriñan-Molina, 2005). También han sido probados en el control del “mildiu polvoso” en la producción de rosas (Álvarez 2003). En otro estudio se observó un efecto bioestimulante sobre el crecimiento de plántulas de plátano en viveros, aumentando la producción de biomasa foliar y el crecimiento radicular cuando se adicionaron ácidos húmicos extraídos del raquis (Russo, 1995). Además, el raquis ha sido empleado como ingrediente para la fabricación de harinas, papel, viales, fermentos, forraje para ganado (FAO, 2012) y como un mecanismo de germinación de semilla (Oracz 2012).

La Corporación Bananera Nacional de Costa Rica (CORBANA) ha realizado diversas investigaciones, incluyendo el uso de lixiviados provenientes de raquis, para combatir las enfermedades del plátano, principalmente el hongo conocido como “la sigatoka negra” (*Mycosphaerella fijiensis*), siendo la más agresiva de este cultivo (Escobar & Castaño,

2005). Se ha estudiado poco acerca de la composición de los lixiviados obtenidos del compostaje de material vegetal agrícola; actualmente se conoce que poseen alto contenido de sodio, potasio, nitrógeno (Loncna, 2010); (Popa y Green, 2012), fósforo (Yang, 2012), materia orgánica (Cheyins, 2009) y Actinomicetos (Cuesta, 2012). En la siguiente figura se puede observar una fotografía de la laguna proveniente del raquis de banano, ubicada en la empresa, en el departamento de Izabal.



*Fuente: elaboración propia, 2018.*

*Figura 5. Fotografía de Laguna lixiviado provenientes del raquis banano, ubicada en la Finca, en el departamento de Izabal.*

#### 2.2.1.14. Lixiviado de lombricomposta.

Es el producto líquido que proviene del proceso de lombricompost, este tipo de lixiviado posee los elementos de carácter soluble con más importancia, el alto contenido de ácidos fúlvicos y húmicos aumenta la reabsorción de los minerales que se encuentran en el suelo, como fósforo, hierro, magnesio y molibdeno, entre otros. En la figura 6 podemos observar una fotografía de donde se extrajo el lixiviado de lombricomposta.

Algunas facultades del extracto acuoso del humus de lombriz roja:

- Estanca la humedad del suelo por largos transcurso de tiempo.
- Es posible afirmar que este producto es prácticamente neutro, puesto que el pH se encuentra entre 6.8 y 7.8.



- Propende por la humificación innata del suelo, en tanto que concentra y descompone los desechos o residuos vegetales que se encuentran subsumidos en el suelo.
- Aumenta significativamente la producción de clorofila.
- Disminuye a gran escala la conductividad eléctrica de los suelos salinos.
- Mejora sosteniblemente el pH en sus suelos.
- Nivelan la producción de hongos que se encuentran en el suelo.
- Opera como potenciador de la actividad de varios fertilizantes o pesticidas.
- Incrementa notablemente la producción en los cultivos.
- Perfecciona las estructuras y fortalece la vida microbiana de los suelos.
- Incita a un mayor desarrollo radicular.



*Fuente: elaboración propia, 2018.*

*Figura 6. Fotografía de donde se encontraba contenido el lixiviado de lombricompost, vivero finca, en el departamento Izabal.*

2.2.1.15. Antecedentes de investigaciones realizadas.

### **LIXIVIADOS DE RAQUIS DE PLÁTANO: OBTENCIÓN Y USOS POTENCIALES**

La obtención de lixiviados puede variar dependiendo del tipo de raquis y los niveles de turgencia de los mismo, así como la época del año. Nuestros trabajos en condiciones de campo obtuvieron en promedio 300 L de lixiviado por tonelada de raquis con una eficiencia de alrededor del 30 % (Jarillo Galindo, 2016), coincidiendo estos resultados con la cosecha de lixiviados en invernaderos donde se obtuvo un rendimiento del 30 % de lixiviados. Se

comprobó la viabilidad de obtención de lixiviados en charolas en invernaderos, pero los resultados fueron ligeramente menores.

En todos los ensayos los lixiviados resultaron ser alcalinos con pH 10, lo que sugiere que deben ser aplicados diluidos con agua para no causar reacciones adversas a las plantas y al suelo. Los nutrientes principales obtenidos en los lixiviados fueron el Nitrógeno (N), Potasio (K), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), cobre (Cu) y Sodio (Na), entre otros.

El potasio (K) es el nutriente que se recupera en mayor cantidad de los lixiviados, variando su concentración alrededor de 13 mg/k de raquis en condiciones de ensayo piloto en campo, dependiendo de la variedad estudiada (Jarillo Galindo et al., 2016). En condiciones de experimentación en invernadero a pequeña escala, la productividad fue menor (12 mg/k). Estos resultados sugieren que ambos ensayos de lixiviación de raquis permiten recuperar nutrientes en proporciones similares, lo que indica que se trata de un proceso con gran oportunidad para el escalado a gran volumen en campo. Los valores de concentración de nutrientes encontrados sugieren que la utilización de lixiviados puede ser de gran valor para ser reincorporados al suelo y/o para utilizarse en viveros de plántulas. Es de destacar que el potasio (K) es el elemento que más se recupera en los lixiviados y el que más requiere el cultivo del banano.

## **EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE EXTRACTOS DE PLÁTANO SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTAS IN VITRO DEL MISMO CULTIVO EN ACLIMATIZACIÓN**

Las plantas in vitro tratadas con extractos provenientes de pseudotallo fueron 1.23 veces más altas y con un número de hojas ligeramente superior que aquellas tratadas con extractos de láminas foliares, lo que indica una mayor efectividad de este extracto para promover el crecimiento a través del incremento de estas variables comparado con el de láminas foliares.

En cuanto al factor dosis, se observa que todas tuvieron un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas in vitro de plátano superando al testigo (0%); sin embargo, con la aplicación del 10 % se obtuvo el mejor comportamiento de la altura de la planta y número de hojas, las cuales tendieron a disminuir al incrementar la concentración de los extractos.

Estos resultados pudieran estar reflejados que el efecto de estos extractos vegetales tiene un comportamiento similar al mostrado por los nutrimentos, los cuales alcanzan una dosis óptima de aplicación (Espinosa y Mite, 2012).

En el caso de la variable materia seca de la parte aérea, el análisis estadístico detectó diferencias significativa para los factores: tipo de extracto y dosis. El extracto de lámina foliar produjo un incremento del 33.33 % en el valor de la variable antes mencionada, comparado con el proveniente de pseudotallo. En cuanto al factor dosis, se obtuvo que en todos los casos donde se aplicó el extracto (10 %, 30 % y 100 %), los valores para esta variable fueron superiores comparados con el testigo (0 %). Sin embargo, al realizar una comparación entre ellas, se observa que la dosis del 30 % produjo el mayor incremento de la materia seca de la parte aérea (75%) en plantas tratadas, seguida de las dosis de 10 (54.17 %) y del 100 % (50 %), con respecto al testigo.

## **PRODUCCIÓN DE LIXIVIADO DE RAQUIS DE PLÁTANO EN EL EJE CAFETERO DE COLOMBIA**

En estudios donde se ha evaluado el lixiviado de raquis de plátano bajo un protocolo de producción, en fincas del Quindío durante 3 años, se ha logrado reducir la población de *Ralstonia solanacearum* causante del “Moko” en 32 %, con las aplicaciones de lixiviado puro al suelo en dosis de 27,000 L/ha.

En aplicaciones aéreas del lixiviado al 20 % de concentración, se ha observado mejor desarrollo foliar, donde la planta puede presentar hasta tres hojas sanas al momento de cosecha y con menor severidad de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*).

La calidad del lixiviado está determinada por la fertilización del cultivo que incide en la calidad de los raquis el protocolo y tiempo de producción, y la fase de curado.

El lixiviado maduro (fase de producción superior a un año) tiene mayor concentración de ácidos orgánicos (por ej., ácido cítrico, á. málico y á. succínico), y mineral; en comparación con un lixiviado nuevo (fase menor a un año).

La reducción de Moko y Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Se ha observado con el uso del lixiviado maduro.

## **EFEECTO DE LIXIVIADOS DEL RAQUIS DE PLÁTANO SOBRE LA ACTIVIDAD Y BIOMASA MICROBIANA EN FLORACIÓN Y COSECHA DEL TOMATE**

En esta investigación se utilizaron cinco tratamientos: el testigo (T0) y cuatro concentraciones de lixiviados (T1= 100 %, T2= 75 %, T3= 50 % y T4= 25 %) aplicados 15 días, 30 días y 60 días después del trasplante. La actividad microbiana se determinó con la metodología del CAB y la biomasa microbiana con el método de fumigación-extracción. En la actividad microbiana se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, presentando la aplicación del lixiviado a la menor concentración (25 %) la mayor actividad ( $56.76 \text{ mg.CO}_2\text{gsuelo}^{-1}$ ). La actividad fue mayor en floración en todos los tratamientos. Para biomasa microbiana no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ni entre épocas.

### **2.2.2 Marco Referencial**

#### **2.2.2.1 Ubicación geográfica**

Las prácticas se llevaron a cabo en la empresa Bananera, en la finca 7, específicamente en el vivero de esta, ubicada en el municipio Los Amates, en el departamento de Izabal. Ubicado a  $15^{\circ}17'6''$  de latitud y  $-89^{\circ}00'54''$  de longitud a una altura de 5 m s.n.m. (Google maps, 2018). En la figura 3 se encuentra la fotografía área de la finca donde se realizó dicha investigación.

#### **2.2.2.2. Vías de acceso**

Comprende dos entradas la primera en el kilómetro 204 ruta al Atlántico CA-9 tomando el desvío de la aldea Quiriguá, La segunda vía de acceso se encuentra en la primera entrada del municipio de Morales Izabal a 35 kilómetros de dicho 5 municipio, en la colonia bananeras del municipio de Izabal, siendo esta entrada de terracería.

### 2.2.2.3. Zona de vida

Según Leslie Holdridge (1978), la clasificación de zonas de vida de Izabal; al nivel de reconocimiento, el área de estudio corresponde a la zona de vida del bosque muy húmedo Subtropical Cálido que constituye la zona de vida más grande del departamento.

### 2.2.2.4. Recursos hídricos

Dentro de la empresa se cuenta con una serie de pozos mecánicos para abastecer el requerimiento hídrico de la plantación según este sea demandado.



*Fuente: google maps, 2018.*

*Figura 7. Fotografía aérea de la finca donde se realizó la investigación, Los Amates, Izabal.*

### 2.2.2.5. Condiciones climáticas

- a) Temperatura ambiente: máxima 32° C - mínima 24° C - media 28° C
- b) Precipitación: 2,650 mm anuales
- c) Humedad relativa 81 %
- d) Altura: 70 m s.n.m.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 Objetivo General**

1. Evaluar el efecto de los lixiviados de raquis de banano y lombricompost, en la producción de meristemas de banano (*Mussa spp*) en etapa de vivero.

### **2.3.2 Objetivos Específicos**

1. Evaluar dos dosis de lixiviados de lombricompost y dos dosis de lixiviado de raquis de banano sobre el crecimiento vegetativo de meristemas de banano (*Mussa spp*) incorporados a un programa de nutrición con fertilización química.
2. Caracterizar químicamente y el contenido nutricional de los lixiviados de lombricompost y raquis de banano.
3. Analizar económicamente los tratamientos evaluados. A través de costos parciales.

## **2.4. HIPÓTESIS**

1. Al menos uno de los tratamientos conformados por el lixiviado de lombricompost presenta diferencia significativa en cuanto a mayor desarrollo vegetativo de los meristemas de banano (*Mussa spp*), en menor tiempo, en comparación con el tratamiento químico.
2. Al menos uno de los tratamientos conformados por el lixiviado de lombricompost presenta menores costos de producción en comparación con el tratamiento químico.

## 2.5 METODOLOGÍA

### 2.5.1. Selección de los lixiviados utilizados.

Se determinó por parte de la finca realizar este estudio para los lixiviados de lombricompost y lixiviado del raquis de banano. El lixiviado de lombricompost se recolectó en las lombricomposteras ubicadas dentro del vivero y el lixiviado del raquis de banano se recolectó en el área de las aboneras tipo trincheras.

### 2.5.2. Muestreo de lixiviados

Para el muestreo de los lixiviados se enviaron al laboratorio 200 ml por cada lixiviado, donde se realizó la prueba nutricional Figura 8.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 8. a). *Fotografía de la recolección lixiviado de raquis de banano* b). *recolección lixiviado de lombricompost.*

### 2.5.3. Fase de campo (I)

Los meristemos de la planta de banano estuvieron ubicados bajo una cobertura de sarán que es un mecanismo de sombra que filtra el 50 % de la radiación solar, establecido con la ayuda de postes y cables de acero tensados. El área donde se llevó a cabo dicha investigación fue en el vivero 1 teniendo un área total de la infraestructura de 26,430.30 m<sup>2</sup>, el número de camas que contiene es de 65 y la dimensión de cada cama es de 5.40 m de ancho por 75.3 m de largo. La capacidad de cada cama está diseñada para acondicionar 4,500 plantas.

### 2.5.3.1. Material Experimental

Se evaluaron tres tipos de fertilizantes; lixiviado de lombricompost, lixiviado del raquis o pinzote de banano y fertilizante químico tradicional que utilizan en el vivero, esta se realiza de lunes a sábado. En el cuadro 4 se presentan descritos los fertilizantes que se utilizaron. La combinación de ambos factores da como resultado un total de 5 tratamientos. En el cuadro 5 se presentan los 5 tratamientos que se utilizaron.

Cuadro 4. *Fertilizantes que se utilizaron en la evaluación.*

Código	Fertilizante
A	Lixiviado del Raquis de Banano
B	Lixiviado Lombricomposta
C	Fertilizante triple 18

Fuente: Elaboración propia,

2018.

Cuadro 5. *Tratamientos que se utilizarán en la evaluación de cinco fertilizantes. En el vivero de la finca, departamento de Izabal.*

Tratamiento	Lixiviado	Dosis	Código
1	Lixiviado raquis banano + triple 18	300 ml lixiviado / 6 semana 12.07 g. Triple 18 / 6 semanas	Trat. 1
2	Lixiviado lombricompost + triple 18	300 ml lixiviado/ 6 semana 12.07 g. triple 18/ 6 semanas	Trat. 2
3	Lixiviado raquis de banano + triple 18	600 ml lixiviado / 6 semana 9.65 g. triple 18/ 6 semanas	Trat. 3
4	Lixiviado lombricompost + triple 18	600 ml lixiviado/ 6 semanas 9.65 g. Triple 18 / 6 Semanas	Trat. 4
5	Triple 18 (Testigo)	14.48 g. triple 18/ 6 semanas	Trat. 5

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La dosificación para los lixiviados (raquis de banano y lombricompost) será de 50 ml/planta con una concentración del 50% agua y 50% lixiviado.



### 2.5.3.2. Descripción Tratamientos.

#### **Tratamiento 1**

Conformado por el lixiviado del raquis de banano y se aplicó una vez a la semana, utilizando bombas de mochila, la aplicación se realizó directa al sustrato, la dosificación fue de 50 ml del lixiviado un día a la semana (conformado por 25ml de lixiviado y 25ml de agua) y cinco días de la semana se siguió con el programa de fertirriego tradicional utilizando el fertilizante triple 18 mostrado en los cuadros anteriores 4 y 5.

#### **Tratamiento 2**

Conformado por el lixiviado de lombricomposta y se aplicó una vez a la semana, utilizando bombas de mochila, la aplicación se realizó directa al sustrato, la dosificación fue de 50 ml del lixiviado un día a la semana (conformado por 25 ml de lixiviado y 25 ml de agua) y cinco días de la semana se siguió con el programa de fertirriego tradicional utilizando el fertilizante triple 18 mostrado en los cuadros anteriores 4 y 5.

#### **Tratamiento 3**

Conformado por el lixiviado de raquis de banano, las aplicaciones fueron de dos días a la semana (martes y jueves), con una dosificación de 50 ml (conformado por 25 ml de lixiviado y 25 ml de agua) por aplicación haciendo un total de 100 ml/semana, el resto de los días (lunes, miércoles, viernes y sábado) se siguió con el programa de fertirriego tradicional utilizando el fertilizante triple 18, mostrado en los cuadros anteriores 4 y 5.

#### **Tratamiento 4**

Conformado por el lixiviado de lombricomposta, las aplicaciones fueron de dos días a la semana (martes y jueves), con una dosificación de 50 ml (conformado por 25 ml de lixiviado y 25 ml de agua) por aplicación haciendo un total de 100 ml/ semana, el resto de los días (lunes, miércoles, viernes y sábado) se siguió con el programa de fertirriego tradicional utilizando el fertilizante triple 18, mostrado en los cuadros anteriores 4 y 5.

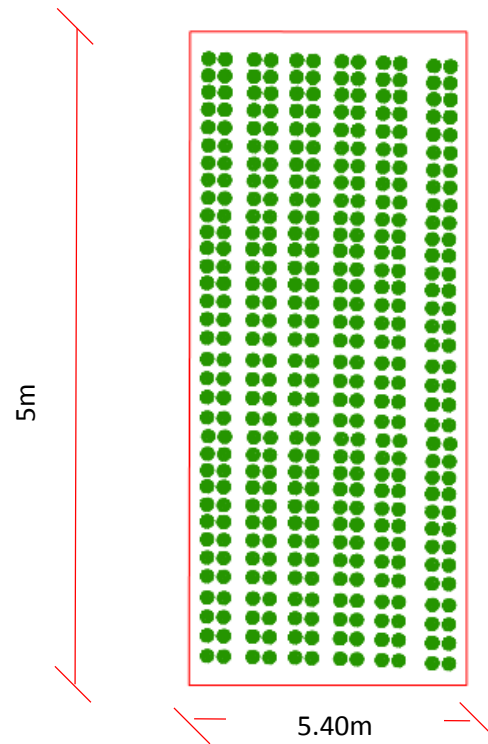
## Tratamiento 5

Este tratamiento estuvo conformado por el programa de fertilización que posee el vivero que consta de la aplicación de fertirriego durante seis días a la semana (lunes – sábado) mostrado en los cuadros anteriores 4 y 5.

Se debe de considerar que los tratamientos se siguieron durante seis semanas respetando los mismos procedimientos durante este tiempo establecido.

### 2.5.3.3. Área Experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 200 meristemas de banano en bolsas de polietileno 8 in de ancho, 7 in de alto por 3mm de espesor, estas bolsas fueron llenadas con un sustrato formado por la mezcla de  $12m^3$  de suelo con 9 sacos de gallinaza de 100 lb y 24 carretas de arena, el contenido de cada bolsa fue de 1 kg de sustrato por bolsa. Las bolsas estaban acondicionadas en hileras dobles haciendo un total de 6 filas dobles, cada fila doble estaba separada por 60 cm. Se evaluaron 6 tratamientos con tres repeticiones, dando un total de 18 unidades experimentales. Se utilizó un área de 5.40 m de ancho, por 5 m de largo se colocarán 12 filas con 17 bolsas cada fila. En la figura 9 se encuentra un esquema de como se localizaba la investigación y en la figura 10 esta una fotografía de como se ubicó el experimento.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 9. Esquema de cómo se encontraba cada unidad experimental utilizada.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 10. Área experimental, meristemos de banano (*Musa spp*) primera semana de trasplante.

#### 2.5.3.4. Unidad Experimental

Cada unidad experimental estuvo conformada por una bolsa de almacigo de 8 in de ancho, 7 in de alto por 3mm de espesor, cada bolsa contiene, 1 meristemo del cultivo de banano y 1 kg de sustrato conformado por una mezcla de  $12m^3$  de suelo con 9 sacos de gallinaza de 100 lb y 24 carretas de arena. El total de unidades muestrales por unidades experimentales fue de:

12 unidades de muestreo se tomaron aleatorizadas tomando en cuenta las del centro únicamente. En la figura 11 se observa una fotografía de la unidad muestral utilizada.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 11. *unidad muestral utilizada, conformada por una bolsa de polietileno, 1 kg de sustrato y meristemo de la planta de banano.*

#### 2.5.3.5. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, debido a que las condiciones en las que se efectuó el experimento fueron controladas.

### 2.5.3.6. Distribución de unidades experimentales en el área asignada

La distribución de las unidades experimentales se llevó a cabo en una cama del vivero con las dimensionales de 5.40 m de ancho por 75.3 m de largo tomando en cuenta que se evaluaron en total 3600 bolsas de polietileno con sus respectivos meristemas de la planta de banano, fueron 6 filas dobles para todos las unidades experimentales cada una con 200 bolsas con meristemas, cada unidad experimental fue identificada con un código indicando el tratamiento y repetición utilizada, las mismas se distribuyeron aleatoriamente. En la figura 12 se muestra un esquema con los tratamientos de forma aleatorizada distribuidos por unidad experimental con un total de tres repeticiones colocadas en la cama del vivero asignada.

### 2.5.3.7. Modelo estadístico-matemático del diseño completamente al azar

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + T_iH_j + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : ij-esima observación en el i-esimo nivel de desarrollo del fertilizante utilizado

$\mu$ : Efecto de la media general del experimento.

$T_i$ : Efecto del j-esima tratamiento del fertilizante utilizado.

$H_j$ : Efecto del k-esima dosis de aplicación del lixiviado.

$T_jH_j$ : Interacción de la i-esimo nivel desarrollo del fertilizante y de la j-esima dosis de aplicación.

$E_{ij}$ : Efecto del error experimental. Asociado a la ij-ésima unidad experimental (Balzarini, 2008).

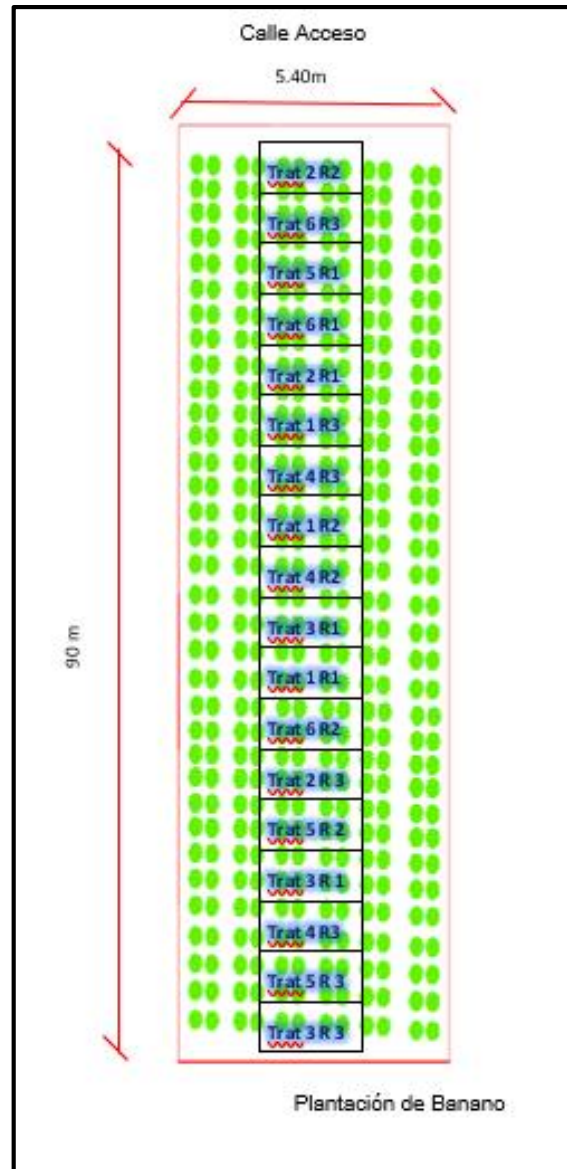


Figura 12. Esquema de la distribución y área experimental utilizada, constituida por 3,600 bolsas de polietileno y el meristemo del cultivo de banano, en una bolsa de almacigo de ocho in de ancho, siete in de alto por 3mm de espesor identificada con el código del tratamiento, cada unidad experimental.

### 2.5.3.8. Manejo agronómico.

#### Revisión del sarán

Esta labor consistió en revisar previamente a la colocación de las bolsas si se encontraban en buen estado el sarán, si no existían traslapes, roturas, rasgaduras; si fuera el caso se procedió a cambiar.

De igual manera, luego de los vientos fuertes se realizó una supervisión de la infraestructura, con el objetivo de cambiar o reparar los daños ocasionados por el viento.

#### Control de malezas

Esta labor consistió en realizar un control manual de malezas, como primera opción, sin embargo, cuando las malezas estaban muy altas se procedió a realizar el control mecánico, con machete para despejar los drenajes figura 13.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 13. Fotografía del control de malezas en el vivero de la finca, del departamento Izabal.



### **Mantenimiento de riego**

Se realizó una inspección visual para detectar los daños y reparar las fugas que pudiera tener la red del sistema de riego. Esta revisión se realizó previa a la recepción de meristemas figura 14.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 14. *Fotografía de revisión sistema de riego, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

### **Cepillado de camas**

Esta actividad se realizó para limpiar las camas, eliminando material vegetal, materiales de mantenimiento, residuos de cal, sustrato, etc. Utilizando cepillos de material plástico para dicha labor figura 15.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15. *Fotografía del cepillado de camas, Vivero de la finca en el departamento de Izabal.*



### **Desinfección del sistema de riego/camas de vivero.**

Esta labor consistió en desinfectar la tubería, aspersores, camas y drenajes, a través del sistema de riego. Para la desinfección se utiliza el desinfectante complejo de iodo-etanol a razón de 1 L/25 gal de agua.

### **Aplicación de cal hidratada.**

Con el propósito de obtener una mejor desinfección y eliminar toda clase de bacterias, se aplicó cal hidratada al voleo, a una dosis de 66 lb por cada cama figura 16.



*Fuente: elaboración propia, 2018.*

Figura 16. Fotografía aplicación de cal hidratada en las camas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.

### **Preparación para la siembra**

#### **Suelo como sustrato para llenado de bolsas.**

Se utilizó un suelo con textura franco limoso, con altos contenidos de limo y arena fina, posteriormente se trasladaron a los viveros en camiones de palangana de volteo hidráulico con capacidad de 12 m<sup>3</sup>, seguidamente se procedió a mezclar con 9 sacos de gallinaza de 100 lb y 24 carretadas de arena Figura 17.

#### **Cernido de Suelo**

Esta actividad consistió en cernir y tamizar el suelo con el fin de eliminar partículas grandes o gruesas que se encuentren mezcladas en el suelo, hasta lograr

un buen sustrato, con el cual se tuvieron buenas condiciones para el desarrollo de las plantas meristemáticas Figura 17.

### **Llenado de bolsas**

Se utilizó una medida de bolsa de 8 in de ancho, 7 in de alto por 3 mm de espesor. Cada bolsa deberá contener 1 kg de sustrato Figura 17.



Figura 17. *Fotografía del cernido, llenado de bolsas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

### **Desinfección de suelo en las bolsas**

Una vez que las bolsas se encontraban alineadas y colocadas en las camas se procedió a la desinfección del suelo, para ello se aplicaron el complejo de iodo-etanol, inyectado a la mezcla de 2 L de producto en 25 gl de agua a través del Venturi del sistema de riego en turnos de 10 camas.

Una semana previa a la siembra se realizó una segunda desinfección, aplicando el producto insecticida imidacloprid 0.8 g. A una dosis de 1 g/bolsa - 3 g/bolsa figura 18.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 18. *Fotografía de la desinfección suelos, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

### **Ahoyado para la siembra**

Esta labor consistió en abrir un agujero en el suelo en cada bolsa. Dicho agujero debió realizarse en el centro de la bolsa. El agujero debió ser aproximadamente de 2" de diámetro y 3" de profundidad, en donde posteriormente se colocaron los meristemos figura 19.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 19. *Fotografía del ahoyado de bolsas en vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*



## Recepción de meristemos

- Para esta recepción se realizó una exhaustiva revisión del material vegetal el proveedor será un laboratorio con tecnología Israelí de Costa Rica. Las características generales deberán ser:
- Altura de plantas de 7 cm -12 cm. Desde la base del tallo hasta la “V” formada por las últimas hojas.
- Las plantas meristemáticas deben de tener de 3-4 hojas sanas, desarrolladas y de color verde intenso.
- Sistema radicular sano y bien desarrollado figura 20.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 20. Fotografía de la recepción de meristemos de banano.

## Condiciones de suelo antes de la siembra

Se regó un día antes de la siembra para mantener una buena humedad. El tiempo de riego dependió de las condiciones de humedad del suelo, pero normalmente se realizó un riego de 60 min.

### Siembra de meristemos

Se introdujeron los meristemos dentro de los agujeros del suelo, seguidamente se presionó alrededor del pilón de la planta, para evitar la formación de cámaras de aire, entrada excesiva de humedad, luz solar que perjudique nuestro sistema radicular, luego se realizó el conteo de plantas según el experimento establecido figura 21.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 21. Fotografía de la siembra meristemos de banano, en el vivero de la finca, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

### Riego y fertirriego

Al finalizar la siembra, se realizaron microciclos de riego de agua de 10 minutos a cada hora durante el día 3 días a 4 días, y durante todo el periodo que permanecieron los lotes dentro del vivero se regaron ciclos de 30 min (10min antes de fertirriego y 20 min. después de fertirriego). todos los días de lunes a sábado, y cuando fue necesario también se incluyeron los domingos, para lograr una humedad adecuada en el suelo.

### Procedimiento de riego.

- Se abrieron las válvulas del sistema de irrigación en lotes de diez camas, hasta regar el total del área, en ciclos de 10 min, luego 30 min de fertirriego y por último se realiza un riego por 20 min.

- Se revisó cuidadosamente el funcionamiento de micro-aspersores; en caso de encontrar obstrucción o daño de este, se dio mantenimiento o cambio según fue necesario.
- Al observar triángulos secos, inmediatamente se instalaron pantallas para mejorar la cobertura de los micro-aspersores.

## **Fertilización de meristemas**

### **Tratamiento 1**

Conformado por el lixiviado del raquis de banano y se aplicó una vez a la semana, utilizando bombas de mochila, la aplicación se realizó directa al sustrato, la dosificación fue de 50 ml del lixiviado un día a la semana (conformado por 25 ml de lixiviado y 25 ml de agua) y cinco días de la semana se siguió con el programa de fertirriego tradicional utilizando el fertilizante triple 18 mostrados en el cuadro 6 y cuadro 7.

### **Tratamiento 2**

Conformado por el lixiviado de lombricomposta y se aplicó una vez a la semana, utilizando bombas de mochila, la aplicación se realizó directa al sustrato, la dosificación fue de 50 ml del lixiviado un día a la semana (conformado por 25 ml de lixiviado y 25 ml de agua) y cinco días de la semana se siguió con el programa de fertirriego tradicional utilizando el fertilizante triple 18 mostrados en el cuadro 6 y cuadro 7.

### **Tratamiento 3**

Conformado por el lixiviado de raquis de banano, las aplicaciones fueron de dos días a la semana (martes y jueves), con una dosificación de 50 ml (conformado por 25 ml de lixiviado y 25 ml de agua) por aplicación haciendo un total de 100 ml/ semana, el resto de los días (lunes, miércoles, viernes y sábado) se siguió con el programa de fertirriego tradicional utilizando el fertilizante triple 18 mostrados en el cuadro 6 y cuadro 7.

**Tratamiento 4**

Conformado por el lixiviado de lombricomposta, las aplicaciones fueron de dos días a la semana (martes y jueves), con una dosificación de 50 ml (conformado por 25 ml de lixiviado y 25 ml de agua) por aplicación haciendo un total de 100 ml/semana, el resto de los días (lunes, miércoles, viernes y sábado) se siguió con el programa de fertirriego tradicional utilizando el fertilizante triple 18. mostrados en el cuadro 6 y cuadro 7.

**Tratamiento 5**

Este tratamiento estuvo conformado por el programa de fertilización que posee el vivero que consta de la aplicación de fertirriego durante seis días a la semana (lunes – sábado) mostrados en el cuadro 6 y cuadro 7.

Cuadro 6. Programa de fertirriego en kg/cama meristemas de banano. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (*mussa spp*), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala, C.A

Fertilización triple 18 durante las 6 semanas				
	kg/cama/día	kg/cama/semana (4 días)	kg/cama/semana (5 días)	kg/cama/semana. (6 días)
Semana 1	0.83	3.32	4.15	4.98
Semana 2	1.25	5	6.25	7.5
Semana 3	1.68	6.72	8.4	10.08
Semana 4	2.1	8.4	10.5	12.6
Semana 5	2.5	10	12.5	15
Semana 6	2.5	10	12.5	15
Total 1 cama	10.86	43.44	54.3	65.16
Total 10 camas	108.6	434.4	543	651.6

Fuente: elaboración propia, 2018.



Cuadro 7. Programa de fertirriego en g/planta meristemas de banano. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (*mussa spp*), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala, C.A.

Fertilización triple 18 durante 6 semanas			
	g/ planta 4 días	g/planta 5 días	gr/planta 6 días
Semana 1	0.74	0.92	1.11
Semana 2	1.11	1.39	1.67
Semana 3	1.49	1.87	2.24
Semana 4	1.87	2.33	2.80
Semana 5	2.22	2.78	3.33
Semana 6	2.22	2.78	3.33
Total g/planta (6 semanas)	9.65	12.07	14.48

Fuente: elaboración propia, 2018.

### **Chequeo de nitritos y nitratos**

Esta labor se realizó semanalmente y consistía en instalar tres recipientes (panas o baldes plásticos) en diferentes puntos de cada lote de diez camas, para monitorear los nitritos y nitratos. Cada recipiente se colocó al principio, medio y final de cada cama. Los parámetros oscilaban entre 150 ppm - 200 ppm.

### **Mantenimiento de meristemas**

#### **Desmalezar plantas meristemáticas y eliminación de hojas bandera de manera semanal.**

Después de tres semanas de siembra se realizó el control manual de malezas. Durante el mismo proceso se eliminaban las hojas banderas con tejidos muertos

#### **Control de mutaciones**

Cuatro semanas después de la siembra se inició el ciclo de eliminación de mutantes. Las mutaciones más frecuentes en el desarrollo meristemático fueron:

- a) Enanas
- b) Mazadas
- c) Quimeras
- d) Deformes
- e) Valerizadas

#### **Control de pudrición por la bacteria *Erwinia*.**

Se realizaron monitoreos semanales en todos los tratamientos, para verificar la presencia de la bacteria *Erwinia*, principalmente en áreas con excesiva humedad y/o sombra.

Para el control se realizaron aplicaciones de bactericida Sulfato de cobre pentahidratado a razón de 32 ml / 16 L de agua. Aplicando 40 ml - 50 ml de la mezcla al drench utilizando una bomba de mochila.

### Control de Sigatoka Negra

Se realizó una aplicación de Mancozeb y *Bacillus subtilis* en agua a las 4 semanas de edad de los meristemas en el vivero, como medida de prevención.

### Monitoreo de Araña Roja

Se realizaron monitoreos a las dos semanas de haber ingresado los meristemas al vivero. La hoja que se evaluó fue la número 2 contabilizándola en forma descendente.

#### 2.5.3.9. Variables de Respuesta

##### a. Altura de pseudotallo (cm)

- Los pseudotallos se midieron semanalmente, únicamente los que fueron seleccionados al azar y se encontraban debidamente identificados, se realizó el mismo día durante las 6 semanas.
- Se realizó la medición de dichos pseudotallos en 12 unidades muestrales, utilizando una regla métrica, se tomó la medida desde la base del pseudotallo hasta la primera formación de hojas o “V” como comúnmente se lo conoce figura 22.



*Fuente: elaboración propia, 2018.*

Figura 22. Fotografía de la toma de altura del pseudotallo a la formación de la última hoja verdadera o “V”, con un metro.

**b. Circunferencia de pseudotallo (cm)**

- Se tomó la circunferencia de cada pseudotallo semanalmente, de igual manera los que fueron seleccionados y se encontraban identificados, este procedimiento se realizó el mismo día durante 6 semanas.
- Para la determinación de esta variable, se tomaron en cuenta 12 unidades muestrales y se utilizó una cinta métrica que se colocaba al centro del pseudotallo para tomar la medida figura 23.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 23. Fotografía de la toma de la circunferencia del pseudotallo, tomando en cuenta que se medirá a la mitad de este cuando este de mayor tamaño.

**c. Número de hojas**

- El conteo de hojas se realizó semanalmente, tomando en cuenta las unidades que estaban identificadas, este conteo se realizó durante 6 semanas el mismo día durante todas las semanas.
- Se contaron de 12 unidades muestrales observando planta por planta.

**d. Peso radicular (g)**

- Para determinar el peso se realizó después de las 6 semanas transcurridas de los pseudotallos.

- Para determinar dicha variable se extrajo la raíz del pseudotallo se lavó para extraer la mayor cantidad de suelo y se puso al sol para secarse luego utilizando una balanza analítica se tomó el peso de las raíces, únicamente de 3 plantas por tratamiento.

#### 2.5.4. Análisis de la información

Se procedió a efectuar un análisis de varianza (ANDEVA) para los cinco tratamientos, una vez que las plántulas alcanzaron las seis semanas dentro del vivero. El ANDEVA para cada una de las variables de respuesta evaluadas, se realizaron con un diseño en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño completamente al azar.

Cuando existió diferencia estadística significativa en los correspondientes análisis de varianza para las variables en estudio, se realizaron pruebas de Bautista al 5% de significancia, para la interacción o efectos simples.

#### 2.5.5. Análisis económico

El análisis económico se realizó sobre la base de producir 45,000 meristemas de banano en vivero 1 de la finca, lo que nos da un total de 10 camas, se tomaron los precios actuales de cada uno de los materiales y mano de obra utilizada en el ensayo.

## 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para verificar si existió diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a realizar un análisis de varianza para las variables de respuesta evaluadas en la presente investigación, una vez que se alcanzaron los parámetros mínimos de aclimatación para que las plantas puedan ser llevadas a campo definitivo. La toma de datos para las variables de respuesta se realizó semanalmente, a partir de 8 días después del trasplante, hasta cumplir las 6 semanas en el vivero para conocer el desarrollo de los meristemas, según los tratamientos evaluados.

### Altura de la Planta

Según el análisis de varianza, realizado a las 6 semanas después del trasplante, a la variable de respuesta altura de las plántulas, que muestra el cuadro 8, se puede afirmar que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados, habiendo alcanzado los tratamientos 5 y 2 las medias más altas arriba de 30 cm de altura. Por lo que se procedió a realizar una comparación múltiple de medias, a través de la prueba de Bautista (alfa = 0.05), para esta variable, la cual se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 8. *Análisis de varianza en función de la variable altura. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
Variable	Altura				
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35.33	4	8.83	5.05	0.0173
Trat	35.33	4	8.83	5.05	0.0173
Error	17.49	10	1.75		
Total	52.82	14			

\*Significancia estadística 5%.

Cuadro 9. Prueba múltiple de medias de Bautista (BBS) ( $\alpha = 0.05$ ) para la variable altura de las plántulas de los tratamientos evaluados a las 6 semanas después del trasplante en vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Tratamientos	Medias	n	E.E	Literal	
5	33.6	3	0.76	A	
2	32.57	3	0.76	A	
1	30.23	3	0.76		B
3	30.23	3	0.76		B
4	29.83	3	0.76		B

En el cuadro anterior se presentan dos grupos bien definidos, observando que los tratamientos 1,3 y 4 no presentan diferencias significativas en cuanto a la variable altura de los meristemos, mientras que los tratamientos 5 y 2 alcanzado las mayores alturas 33.6 cm y 32.57 cm; las cuales fueron mayores a la altura mínima requerida para salir a campo definitivo.

El tratamiento 5 consta del programa de fertilización química que se utiliza en el vivero aplicando 14.48 g fertilizante triple 18/ durante las 6 semanas por planta y el tratamiento 2 está conformado por la aplicación de 50 ml lixiviado lombricompost/semana por planta en combinación con la aplicación de 12.07 g fertilizante triple 18 durante las 6 semanas. Por lo que implementar el lixiviado de lombricomposta generó la media más alta para la variable altura al igual que el programa de fertilización química utilizado en el vivero, sin tener diferencia significativa entre estos tratamientos, sin embargo, con la diferencia en el ahorro de fertilizante químico en el tratamiento 2.

El desarrollo de los meristemos con los demás tratamientos no presentó resultados negativos en cuanto a la variable altura, no obstante, las alturas fueron menores a las de los tratamientos 5 y 2. Una de las características del lixiviado de lombricomposta es que presenta mayor concentración nutricional en comparación que el lixiviado de raquis de banano.

Al analizar las dosis entre los tratamientos de lombricomposta se observa que el tratamiento de 50 ml/semana causó un mejor crecimiento que aplicar 100 ml/semana, estos resultados pudieran estar reflejados que el efecto del lixiviado tiene un comportamiento similar al mostrado por los nutrimentos, los cuales alcanzan una dosis óptima de aplicación (Espinosa y Mite, 2012).

Para analizar esta variable de respuesta, se elaboró una gráfica descriptiva de la altura de las plántulas respecto al tiempo en semanas que duraron los meristemos de banano en la fase de aclimatación en vivero, en función del tratamiento utilizado, a partir de la semana en que fueron sembrados los meristemos.

En la figura 24, se puede observar el desarrollo de los tratamientos durante las cada una de las semanas de aclimatación de los meristemos en el vivero, así también, el efecto que causaron los tratamientos 2 y 5 a lo largo de la aclimatación de dichos meristemos.

El lixiviado de lombricomposta y lixiviado de raquis de banano poseen un relación C/N de 10 y 2 que según Eduardo Díaz (2002), es baja ya que un rango óptimo es de 17 para llegar a la bioestabilidad, que es donde los microorganismos absorberán 30 partes de carbono (C), las cuales utilizan 10 como fuentes de energía incorporadas al protoplasma celular y 20 eliminadas como dióxido de carbono ( $CO_2$ ), por cada parte de nitrógeno (N), al momento de incorporar un lixiviado con una relación baja los microorganismos eliminan el exceso de nitrógeno de forma amoniacal hacia la atmosfera.

Lo cual puede ser una de las causas que al aplicar el lixiviado de raquis de banano haya obtenido una altura menor a la de los demás tratamientos, mientras que el lixiviado de lombricomposta posee una relación más alta, más sin embargo por debajo de la adecuada, según análisis nutricionales este lixiviado presenta mayor concentración de potasio, este elemento es fundamental en el desarrollo de las plantas de banano ya que el nivel de potasio en el suelo afecta no solo el rendimiento sino también el desarrollo de la planta lo que apoyo al desarrollo de la altura de los meristemos.



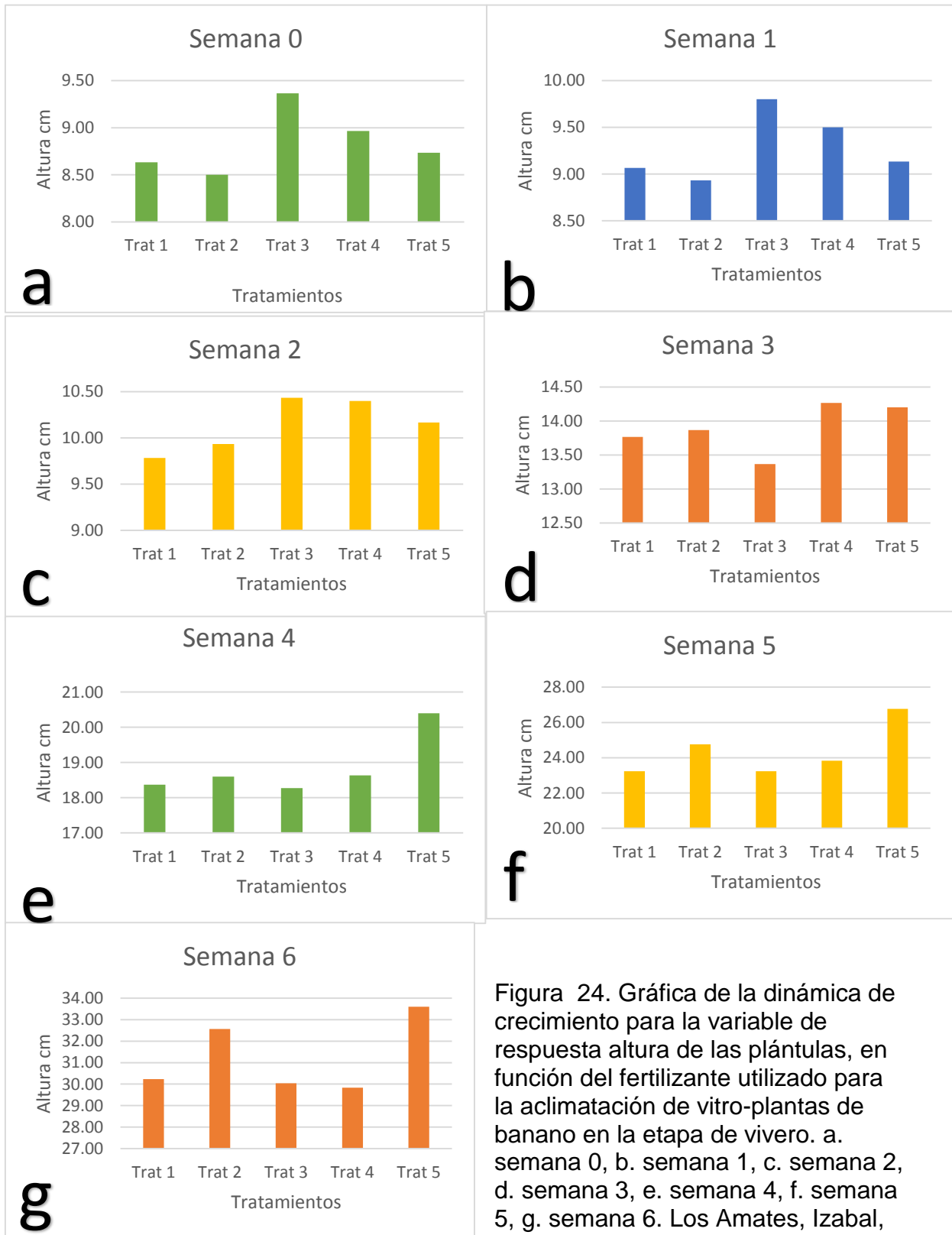


Figura 24. Gráfica de la dinámica de crecimiento para la variable de respuesta altura de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. a. semana 0, b. semana 1, c. semana 2, d. semana 3, e. semana 4, f. semana 5, g. semana 6. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

A pesar de que los tratamientos 1, 3 y 4 no tuvieron alguna diferencia significativa, no presentaron medias bajas, son tratamientos que se podrían tomar en cuenta ya que la aplicación de los lixiviados de raquis de banano (50 ml y 100 ml/semana) y lixiviado de lombricomposta (100 ml/semana), no inhibieron el desarrollo de la altura de los meristemos aunque su crecimiento si se vio más lento.

El tratamiento 1 y 3 conformados por la aplicación de raquis de banano coinciden con la investigación realizada por Angarita, P; Ariza, H; Blanco, I; Noguera, C; Redondo, I. (2015), quienes reportan el efecto favorable de un bioestimulante extraído del raquis de banano en la altura de plantas de banano variedad Williams.

### **Circunferencia de Pseudotallo, Número de Hojas y Peso radicular.**

Según el análisis de varianza, realizado a las 6 semanas después del trasplante, a la variable de respuesta circunferencia de pseudotallo, número de hojas de las plántulas y peso radicular que muestra el cuadro 10, nos presenta que no existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados.

Lo que nos dice que ninguno de los tratamientos provocó un incremento significativo en el desarrollo del pseudotallo, emisión foliar y peso radicular, sin embargo, ningún tratamiento reporto una circunferencia por debajo de 8 cm y todos tuvieron un numero de hojas mayor a 7, parámetros mínimos para que las plantas puedan ser sembradas en campo definitivo.

Cuadro 10. Análisis de varianza en función de las variables circunferencia de pseudotallo, número de hojas y peso radicular. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (*mussa spp*), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

<b>Análisis de la varianza</b>	
<b>Variable de Respuesta</b>	<b>p-valor</b>
<b>Circunferencia Pseudotallo</b>	0.0738
<b>Número de Hojas</b>	0.4139
<b>Peso Radicular</b>	0.9455

\*Significancia estadística 5%.

Para analizar esta variable de respuesta, se elaboró una gráfica descriptiva de la circunferencia y emisión foliar de las plántulas respecto al tiempo (6 semanas) que duraron los meristemos de banano en la fase de aclimatación en vivero, en función del tratamiento evaluado.

La emisión foliar de las plantas de banano de los cinco tratamientos utilizados en la presente investigación alcanzó 7 hojas en la semana 5, por lo que representan una reducción de tiempo de una semana para que los meristemos estén listos para su siembra en campo definitivo.

A pesar de las concentraciones bajas de nutrientes que poseen los lixiviados utilizados en los tratamientos mantuvieron una buena emisión foliar, sin representar diferencias significativas en comparación del programa de fertilización que utilizan dentro del vivero, lo que nos muestra que la implementación de cualquier lixiviado se puede incorporar en dicho programa, tomando en cuenta, el que nos represente los costos más bajos.

De esta manera, contribuye a mitigar la incorporación de altas concentraciones de fertilizantes y permite la recuperación ecológica de los nutrientes al suelo y las comunidades de organismos que lo habitan según la investigación que realizaron Estudillo, V; Ordoñez, A; Córdova, C; Jarillo, J; Carrazana, J. (2017).

Cabe mencionar que tanto el lixiviado del raquis de banano y el lixiviado de lombricomposta poseen una concentración mayor de potasio (K), por lo que cuanto mayor sea la concentración de dicho elemento mayor la cantidad de follaje, ya que este elemento es considerado el más importante en el desarrollo del banano, es requerido para funciones fisiológicas tales como: división celular normal y crecimiento vegetativo. (Lahav, 1972).

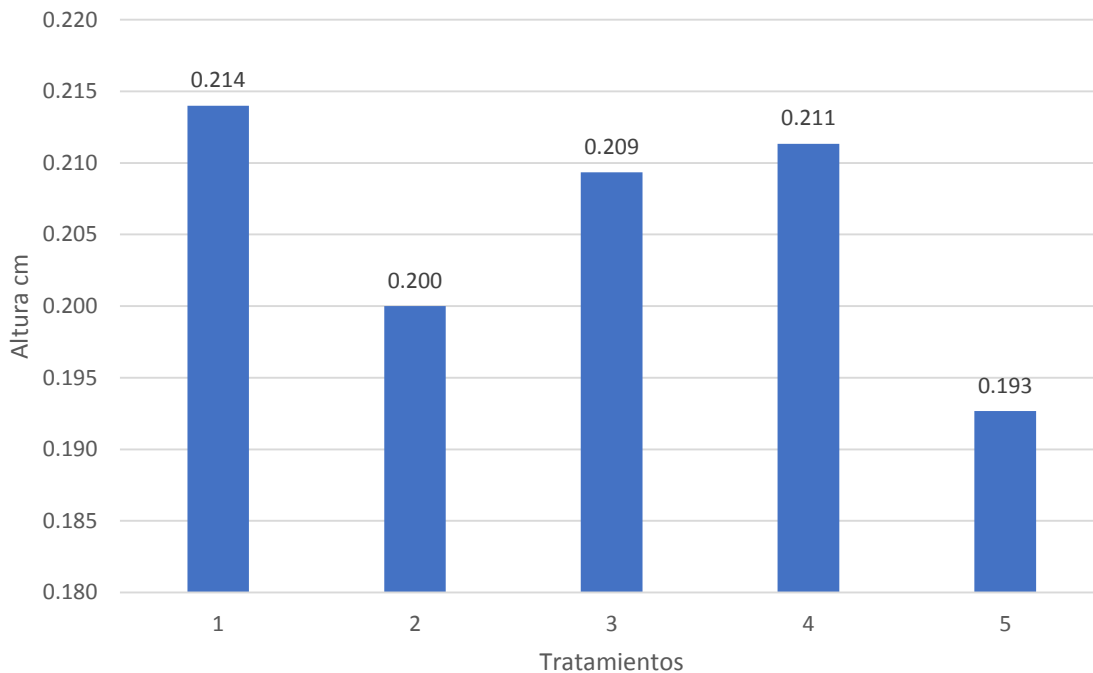


Figura 25. Dinámica de crecimiento para la variable de respuesta peso radicular de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitroplantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

El peso radicular fue tomado en la semana seis después de la siembra y se notó una media mayor en el tratamiento 1 y 4 uno con 0.214 lb y el otro 0.211 lb seguidos de los tratamientos 3 con 0.209 lb y el 2 con 0.200 lb y por último el tratamiento 5 con 0.193, observando que el tratamiento 5 que es el programa de fertilización que maneja el vivero obtuvo la media más baja, por lo que podemos decir que la aplicación de los lixiviados tanto de lombricomposta como de raquis de banano influyeron en el desarrollo radicular positivamente, debido a que se aumentó la concentración de fósforo (P) aplicado ya que los lixiviados contaban con un aporte de dicho elemento, además los dos lixiviados poseen una concentración de 100 ppm de calcio, elemento importante para el desarrollo de la raíz y su funcionamiento, componente de la pared celular, mientras que la formulación química no posee dicho elemento.

## **Caracterización de los Fertilizantes**

Luego de obtener los lixiviados de lombricomposta y raquis de banano, utilizados en el experimento, estos fueron enviados al laboratorio. Según el análisis físico y químico realizado a las muestras enviadas al laboratorio mostraron concentraciones de elementos, en bajas proporciones debido a que el manejo sobre todo el lixiviado de raquis de banano, no lleva procedimiento que garantice alto contenido nutricional.

Los tratamientos evaluados presentaron valores contrastantes en sus propiedades químicas analizadas. El pH de los lixiviados, presentaron valores de 8.5, el lixiviado de raquis de banano y 9 el lixiviado de lombricomposta, respectivamente, el cual es un valor de pH alcalino.

El contenido de materia orgánica estuvo relativamente bajo para los dos lixiviados, debido a que el lixiviado de raquis de banano con un porcentaje de MO 0%, se extrajo de área de las aboneras tipo trincheras de la finca donde el proceso de descomposición del raquis no presenta ningún manejo, y el lixiviado de lombricomposta obtenido de las aboneras de la lombriz coqueta roja, con un porcentaje de MO 0.2 %, pueda estar influenciado por los días en que este lixiviado estuvo almacenado.

El contenido de fósforo (P) fue bajo para el lixiviado de raquis de banano con 27 ppm, mientras que para el lixiviado de lombricomposta contenía 100 ppm, contenido fue mayor, el triple 18 como su fórmula lo indica tenía un porcentaje de 18 % en la concentración. El potasio (K) lo encontramos en mayores concentraciones en el lixiviado de raquis de banano fue de 2,400 ppm, y en el lixiviado de lombricomposta nos presentó un contenido de 5,500 ppm, favorables para una nutrición de plantas de banano, siendo este el elemento más importante del cultivo. Mientras que la formula triple 18 nos brindaba 180,000 ppm de dicho elemento.

El contenido de nitrógeno total dentro de los lixiviados fue de 0.01 para el raquis de banano y 0.02 para el de lombricomposta, el lixiviado de lombricomposta y lixiviado de raquis de banano poseen un relación C/N de 10 y 2 que según Eduardo Díaz

(2002), es baja ya que un rango óptimo es de 17 para llegar a la bioestabilidad, que es donde los microorganismos absorberán 30 partes de carbono (C), las cuales utilizan 10 como fuentes de energía incorporadas al protoplasma celular y 20 eliminadas como dióxido de carbono ( $CO_2$ ), por cada parte de nitrógeno (N), al momento de incorporar un lixiviado con una relación baja los microorganismos eliminan el exceso de nitrógeno de forma amoniacal hacia la atmósfera.

Los valores de calcio (Ca) los encontramos de 100 ppm en los dos lixiviados, mientras que este elemento no lo encontramos en la formulación del fertilizante químico. El magnesio (Mg) únicamente se encontró en el lixiviado de lombricomposta con una concentración 500 ppm.

Mientras que el cobre (Cu), se encontró con valores de 0.45 ppm y 0.83 ppm para el lixiviado de raquis de banano y lombricomposta y el fertilizante químico con 200 ppm, el zinc (Zn) únicamente lo encontramos en el fertilizante químico con una concentración de 500ppm, el hierro (Fe) se encontró a una concentración de 100ppm en el lixiviado de raquis de banano, 11.5 ppm en el lixiviado de lombricomposta y 1,400 ppm en el fertilizante químico.

La concentración de Manganeso (Mn) a una concentración de 0.97 ppm y 0.67 ppm en el lixiviado de raquis de banano y lixiviado de lombricomposta y 800 en el fertilizante químico, y la concentración del micronutriente boro (B) se encontraron 2.57 ppm en el lixiviado de raquis de banano y 2.87 ppm en el lixiviado de lombricomposta, 500 ppm en el fertilizante químico.

Cuadro 11. Características químicas de los fertilizantes evaluados en la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

IDENTIFICACIÓN	pH	mS / cm C.E	ppm									%		Relación
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B	%NT	%MO	C/N
Lixiviado Raquis de Banano	8.5	6.29	27	2,400	100	0	0.45	0	100	0.97	2.52	0.01	0	2
Lixiviado Lombricompost	9	15	100	5,500	100	500	0.83	0	11.5	0.67	2.87	0.02	0.2	10
Fertilizante Triple 18			180,000	180,000			200	500	1400	800	500	18		

## Análisis económico de los Tratamientos

El análisis económico se realizó sobre la base de producir 10 camas del vivero lo que equivale a un total de 45,000 meristemos de banano, se tomó en cuenta el costo por litro de cada tratamiento y la mano de obra para poder aplicarlo cuadro 12.

Cuadro 12. Costo de los tratamientos utilizados como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Tratamientos	Costo (Q.)
Tratamiento 1	9,546.04
Tratamiento 2	19,198.54
Tratamiento 3	8,724.96
Tratamiento 4	28,029.96
Tratamiento 5	9,036.36

En el cuadro anterior podemos resaltar que el costo más bajo fue el tratamiento 3, el cual consistió en la aplicación de 100 ml raquis de banano / semana, debido a la disminución de la aplicación de fertilizante químico.

Luego observamos que el tratamiento 5 que consiste en el programa de fertilización del vivero aplicando fertirriego seis días a la semana, el tratamiento 1 que de igual manera consistió en la aplicación de 50 ml raquis de banano / semana, el costo de los tratamientos 3 y 1 es debido a que el lixiviado de raquis de banano no conlleva ningún manejo para obtenerlo, únicamente se extrajo del área de las aboneras tipo trincheras de la finca, lugar donde se traslada el desecho orgánico del raquis de banano que se genera en las plantas empacadoras.

El tratamiento 2 y el tratamiento 4 generaron costos relativamente altos en comparación con el programa del vivero, debido al manejo que se requiere para la producción de lixiviado de lombricomposta y la cantidad que es demandada para 45,000 meristemos, ya que el área del vivero únicamente posee 2 aboneras lombricoposteras para generar dicho lixiviado y el manejo requiere tiempo y personal.



## **2.7 CONCLUSIONES**

1. La aplicación de 300 ml de lixiviado de lombricomposta + fertilización química (Tratamiento 2) mostró respuesta significativa estadísticamente, únicamente para la variable altura de planta. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna.
2. El lixiviado de lombricompost, presentó la mayor concentración de potasio (5,500 ppm), Magnesio (500 ppm) y micronutrientes. Lo cual se reflejó considerablemente en la variable altura de planta.
3. El menor costo de producción lo presentó el tratamiento 3, sin embargo, no se obtuvo una diferencia significativa con ninguna de las variables de respuesta evaluadas.

## **2.8 RECOMENDACIÓN**

1. Se recomienda seguir investigando implementar lixiviado de lombricomposta y raquis de banano, obteniendo dichos lixiviados de un compostaje con un manejo adecuado para obtener las mejores concentraciones nutricionales y biológicas de los productos.

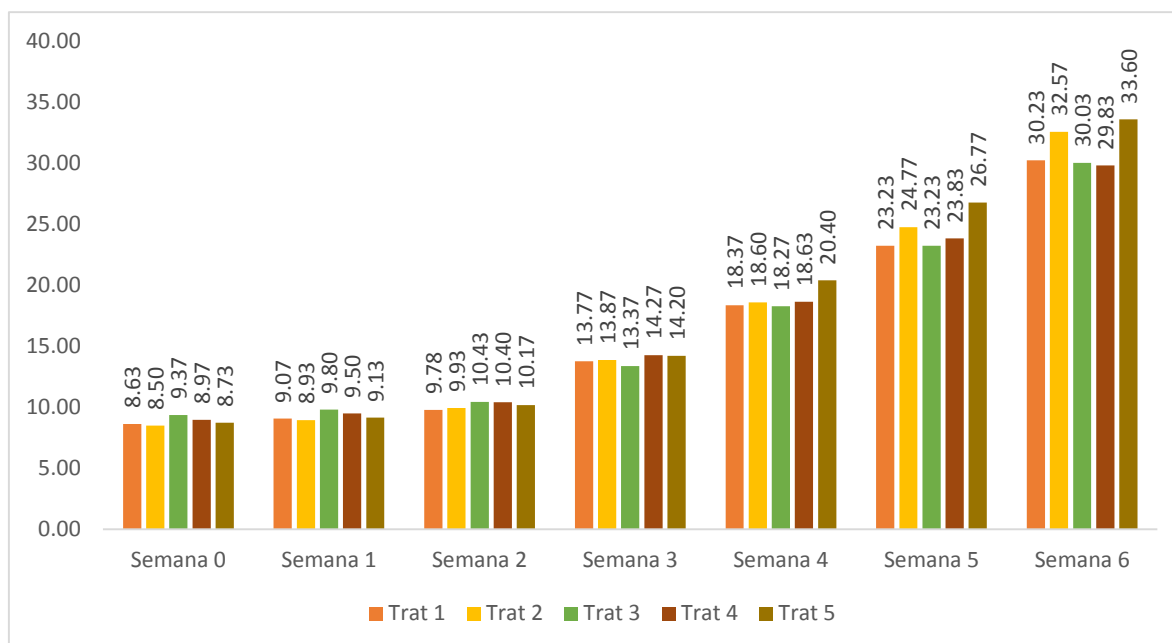
## 2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, E; Pantoja, A; Ceballos, E; Gañán, L. 2013. Producción de lixiviado de raquis de banano en el eje cafetero de Colombia, valle del Cauca, Colombia (en línea). Consultado 2 mar. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-as091s.pdf>
2. Angarita, P; Ariza, H; Blanco, I; Noguera, C; Redondo, I. 2015. Aprovechamiento del raquis del banano y otros residuos biodegradables como fertilizantes orgánicos en el cultivo de esta fruta, Bogotá, Colombia (en línea). Consultado 25 feb. 2018. Disponible en [http://app.infotephvg.edu.co/cienaga/hermesoft/portal/home\\_1/rec/arc\\_524.pdf](http://app.infotephvg.edu.co/cienaga/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_524.pdf)
3. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia). 2013. Estado del arte y opciones de manejo del moko y la sigatoka negra en América Latina y El Caribe (en línea). Cali, Colombia. Consultado 2 mar. 2018. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/54408/Estado%20del%20arte.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. Estudillo, V; Ordoñez, A; Córdova, C; Jarillo, J; Carrazana, J. 2017. Lixiviados de raquis de plátano: Obtención y usos potenciales leachate of banana rakes: Procurement and potential uses, Veracruz, México. Consultado 26 feb. 2018. Disponible en [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/72105/1/CuadBio\\_53\\_01.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/72105/1/CuadBio_53_01.pdf)
5. FAO, Italia. 2012. Statistical yearbook 2012 world food and agriculture. Rome, Italy. Consultado 26 feb. 2018.
6. IICA, Costa Rica. 1989. Compendio de agronomía tropical. San José, Costa Rica, IICA. 693 p. (Investigación y Desarrollo no. 13).
7. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela); Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras, Venezuela. 2017. Efecto de diferentes dosis de extractos de plátano sobre el crecimiento de plantas *in vitro* del mismo cultivo en aclimatización, Yaracuy, Venezuela (en línea). Consultado 25 feb. 2018. Disponible en [http://www.sian.inia.gob.ve/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at64\\_34/pdf/at64\\_3-4\\_Blanco.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at64_34/pdf/at64_3-4_Blanco.pdf)

8. León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, IICA. 445 p. (Libros y Materiales Educativos no. 84).
9. Llive, F. 2009. Uso de extractos acuosos de raquis de banano y *Tagetes* spp. enriquecidos con bacterias y hongos endofíticos para el control biológico de *Radopholus similis* (Cobb.) Thorne (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado 25 feb. 2018. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4246/Sin%20t%C3%ADtulo.png?sequence=1&isAllowed=y>
10. López M., A; Espinosa M., J. 1995. Manual de nutrición y fertilización de banano, Pococí, Costa Rica (en línea). Consultado 18 mar. 2018. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf)
11. López, A; Espinosa, J. 2010. Respuesta del banano al potasio (en línea). Pococí, Costa Rica. Consultado 19 mar. 2018. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/\\$FILE/Respuestabanano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/$FILE/Respuestabanano.pdf)
12. Morales Munguía, J.C.; Fernández Ramírez, M.V.; Montiel Cota, A.; Peralta Beltrán, B.C. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de la lombriz (*Eisenia foetida*). Biotecnia 11(1):19-26. Consultado 26 feb. 2018. Disponible en <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/49>
13. Muñoz, R.E.; Madriñán-Molina, R. 2005. Efecto de lixiviados del raquis de plátano sobre la actividad y biomasa microbiana en floración y cosecha del tomate. Acta Agronómica 54(1):19-24. Doi. 10.15446/acag
14. Ortiz Vega, R.A. *et al.* 1999. El cultivo del banano. San José, Costa Rica, EUNED. 186 p.
15. Russo, R. 1995. Efecto de un bioestimulante húmico extraído del raquis de banano (pinzote) sobre el crecimiento de plántulas de banano (*Musa* AAA subgrupo "Cavendish" clon Gran Enano). Agronomía Mesoamericana 6:130-133.

16. Staley, B.F.; De los Reyes, F.L.; Barlaz, M.A. 2012. Comparison of bacteria and archaea communities in municipal solid waste, individual refuse components, and leachate. *FEMS Microbiol. Ecol.* 79(2):465-473. Doi. 10.1111/j.1574-6941.2011.01239.x
17. Tisdale, S.L.; Nelson, W.L. 1988. *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Trad. por Jorge Balasch. México, UTHEA. 760 p.
18. Torres, S. 2012. *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle de Chira, Piura, Perú* (en línea). Consultado 18 mar. 2018. Disponible en [https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual\\_banano.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf).

## 2.10 ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 26A. Gráfico dinámica de crecimiento para la variable de respuesta altura de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitroplantas de banana en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Figura 27A. Análisis de varianza en función de la variable circunferencia de pseudotallo. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banana (*mussa spp*), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
Variable	Cicunferencia				
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.13	4	0.28	2.98	0.0738
Trat	1.13	4	0.28	2.98	0.0738
Error	0.95	10	0.09		
Total	2.07	14			

\*Significancia estadística 5%. Fuente: elaboración propia, 2018.

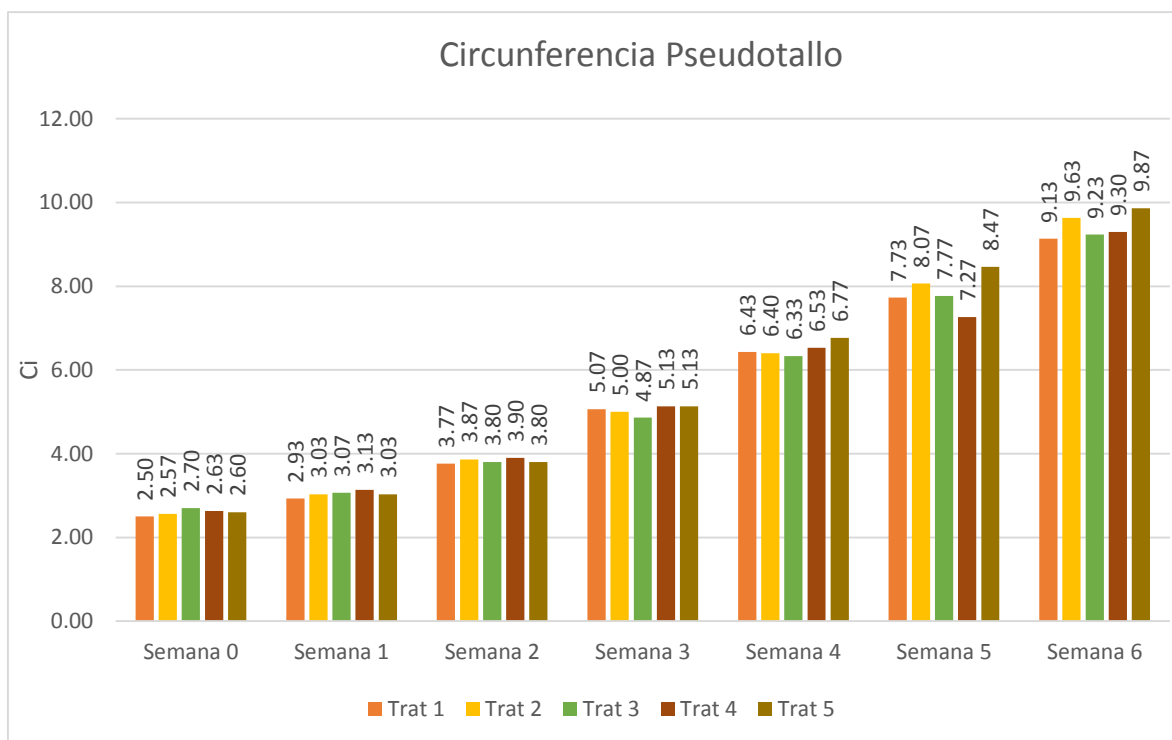
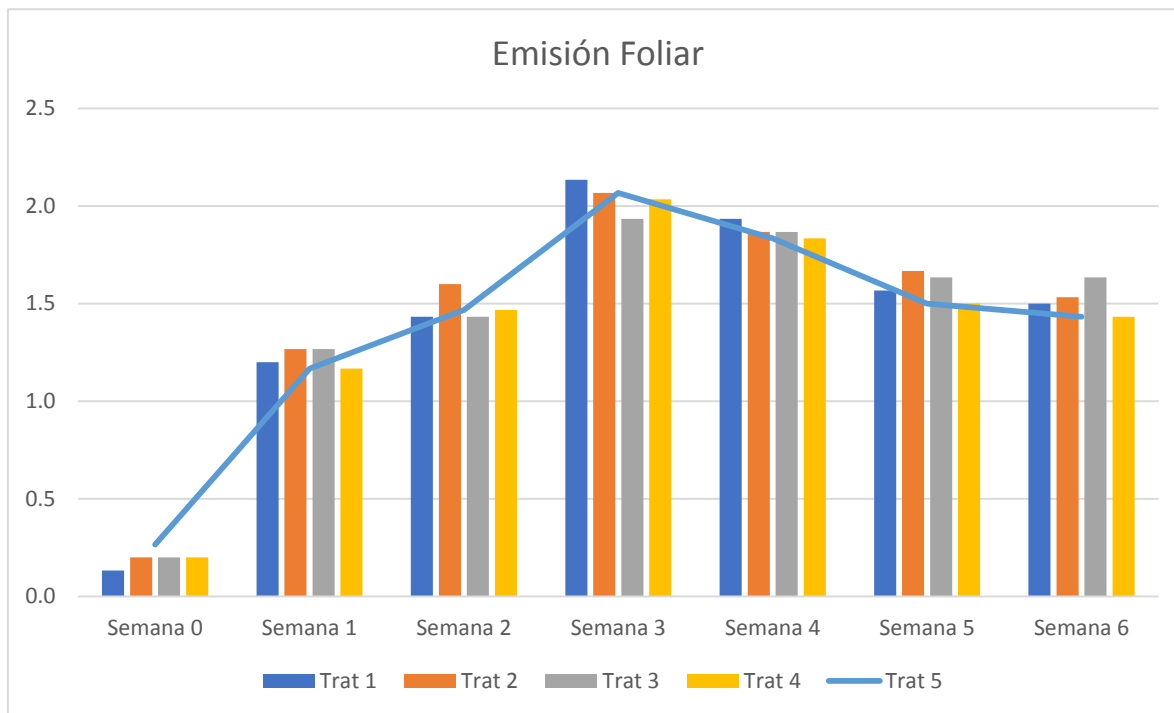


Figura 28A. Gráfico dinámica de crecimiento para la variable de respuesta circunferencia de pseudotallo de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Cuadro 13A. Análisis de varianza en función de la variable Número de Hojas. Evaluación de diferentes lixiviados en el crecimiento vegetativo del banano (*mussa spp*), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Análisis de la Varianza					
Variable	No. De Hojas				
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	0.47	4	0.12	1.09	0.4139
<b>Trat</b>	0.47	4	0.12	1.09	0.4139
<b>Error</b>	1.08	10	0.11		
<b>Total</b>	1.55	14			

\*Significancia estadística 5%. Fuente: elaboración propia, 2018.



*Fuente: elaboración propia, 2018.*

**Figura 29A.** Gráfica dinámica de crecimiento para la variable de respuesta número de hojas de las plántulas, en función del fertilizante utilizado para la aclimatación de vitro-plantas de banana en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 30A. Fotografía de la aplicación de los tratamientos evaluados, vivero de la finca, Los Amates, Izabal, Guatemala.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 31A. Fotografía del desarrollo radicular en los meristemos de banano con los distintos tratamientos, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.



Cuadro 14A. Costo de la producción de 1 L de lixiviado de lombricompost dentro del vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Costo Litro de Lixiviado Lombricompost					
			Cantidad		
<b>Lixiviado de Lombricompost</b>	Unidades	Valor Un.	Personal	Horas	Total
<b>Producción 200 litros lixiviado</b>					
Traslado Estiércol	Operarios	11.27	12	36	405.72
Corte Hoja Madre cacao	Operarios	11.27	1	2	22.54
Alimentación Lombrices	Operarios	11.27	8	16	180.32
Riego Lombrices	Operarios	11.27	8	2	22.54
Melaza	Litro	3.75	0.064 ml		0.24
				Total	631.36
				Costo Litro	<b>1.6</b>

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 15A. Costo de la producción de 1 L de lixiviado de raquis de banano dentro del vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Costo Litro de Lixiviado Raquis de Banano					
			Cantidad		
<b>Lixiviado Raquis de Banano</b>	Unidades	Valor Un.	Personal	Horas	Total
<b>Producción 200 litros lixiviado</b>					
Traslado Lixiviado	Operarios	11.27	3	6	67.62
				Costo Litro	<b>0.34</b>

*Fuente: elaboración propia, 2018.*

Cuadro 16A. Costo para la aplicación en 4,500 meristemos del tratamiento 1 utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

<b>Tratamiento 1</b>	Personal	Horas	Precio/h Q.	Sub-total	Cantidad Fertilizante	Valor Fertilizante	Sub- total	Total (Q.)
Lixiviado Raquis de Banano (ml)	1	6	19.6098	117.6588	6750	0.17	1,147.5	1,265.16
Fertilizante Triple 18 (kg)	3	90	19.6098	1764.882	543	12	6,516	8,280.88
<b>TOTAL</b>								<b>9,546.04</b>

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 17A. Costo para la aplicación en 4,500 meristemos del tratamiento 2 utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

<b>Tratamiento 2</b>	Personal	Horas	Precio/h Q.	Sub-total	Cantidad Fertilizante	Valor Fertilizante	Sub- total	Total (Q.)
Lixiviado Lombricompost (ml)	1	6	19.6098	117.6588	6,750	1.6	10,800	10,917.66
Fertilizante Triple 18 (kg)	3	90	19.6098	1,764.882	543	12	6,516	8,280.88
<b>TOTAL</b>								<b>19,198.54</b>

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 18A. Costo para la aplicación en 4500 meristemos del tratamiento tres utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018

Fuente:

<b>Tratamiento 3</b>	Personal	Horas	Precio/h Q.	Sub- total	Cantidad Fertilizante	Valor Fertilizante	Sub- total	Total (Q.)
Lixiviado Raquis de Banano (ml)	3	36	11.27	405.72	13,500	0.17	2,295	2,700.72
Fertilizante Triple 18 (kg)	3	72	11.27	811.44	434.4	12	5,212.8	6,024.24
<b>TOTAL</b>								<b>8,724.96</b>

elaboración propia, 2018.

Cuadro 19A. Costo para la aplicación en 4,500 meristemos del tratamiento cuatro utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

<b>Tratamiento 4</b>	Personal	Horas	Precio/h. Q.	Sub- total	Cantidad Fertilizante	Valor Fertilizante	Sub- total	Total (Q.)
Lixiviado								
Lombricompost (ml)	3	36	11.27	405.72	13,500	1.6	21,600	22,005.72
Fertilizante Triple 18 (Kg)	3	72	11.27	811.44	434.4	12	5,212.8	6,024.24
<b>TOTAL</b>								<b>28,029.96</b>

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 20A. Costo para la aplicación en 4,500 meristemos del tratamiento cinco utilizado como fertilizantes en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

<b>Tratamiento 5</b>	Personal	Horas	Precio/h. Q.	Sub- total	Cantidad Fertilizante	Valor Fertilizante	Sub- total	Total (Q.)
Fertilizante Triple 18 (Kg)	3	108	11.27	1217.16	651.6	12	7819.2	<b>9,036.36</b>

Fuente: elaboración propia, 2018.



14 avenida 19-50 Condado El Naranjo  
Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23,  
Zona 4 de Mixco, Guatemala.  
PBX.: 2416-2916 Fax: 2416-2917  
info@solucionesanaliticas.com  
www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Relicario, Lote 6  
Carretera al Pacífico, Km. 91  
Santa Lucía Cotz, Escuintla  
PBX: 7882-2428  
info@solucionesanaliticas.com  
www.solucionesanaliticas.com

### INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO LÍQUIDO

Cliente : COMPAÑÍA DE DESARROLLO BANANERO DE  
Persona Responsable : ING. ESTUARDO GALICIA  
Finca : AZTEC (26104)  
Localización : , IZABAL  
Referencia Cliente : LIXIVIADO DE RAQUIS DE BANANO

Número de orden : 105298  
Código de muestra : 18.02.26.04.02  
Fecha de ingreso : 26/02/2018  
Fecha del informe : 08/03/2018  
Asesor : Carlos Franco

PARAMETRO		RANGO ADECUADO
pH	8.5	*
Concentración de Sales (C.S.)	6.29dS/m	*
Materia Orgánica (M.O.)	0.0%	*
Relación C/N	2.0	*

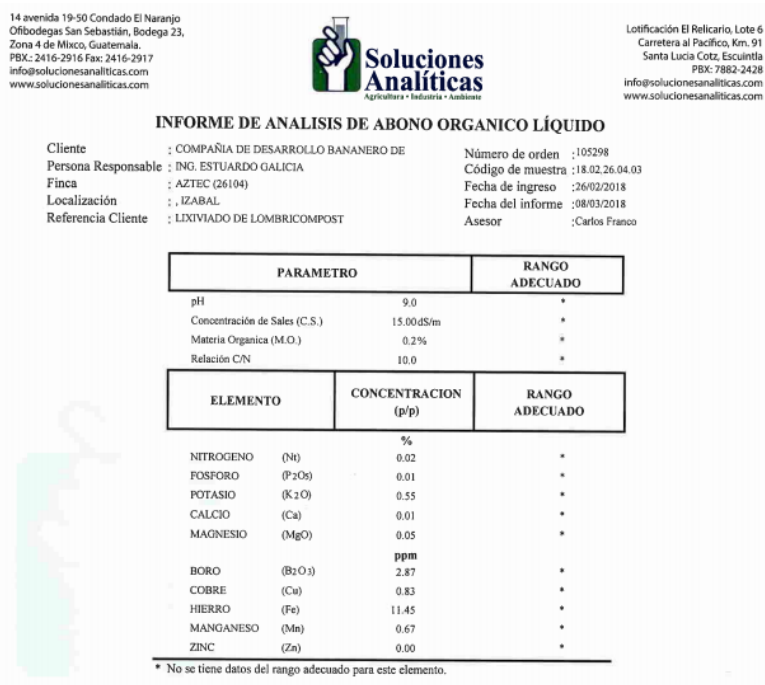
ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (N)	0.01	*
FOSFORO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.01	*
POTASIO (K <sub>2</sub> O)	0.24	*
CALCIO (Ca)	0.01	*
MAGNESIO (MgO)	0.00	*
	ppm	
BORO (B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.52	*
COBRE (Cu)	0.45	*
HIERRO (Fe)	10.28	*
MANGANESO (Mn)	0.97	*
ZINC (Zn)	0.00	*

\* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Fuente: Soluciones Analíticas, 2018.

Figura 32A. Análisis nutricional del lixiviado de raquis de banano.





Fuente: Soluciones Analíticas, 2018.

Figura 33A. Análisis nutricional del lixiviado de raquis de banano.



**CAPITULO III. SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN EL VIVERO DE LA FINCA, LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, CENTROAMÉRICA. DURANTE EL AÑO 2018.**

### 3.1 PRESENTACIÓN

El vivero de la finca se encarga de la recepción de las plantas producidas in vitro y es el lugar donde estas plantas pasan un período de aclimatación que les permite crecer y adquirir los caracteres morfológicos y fisiológicos necesarios para sobrevivir en el campo. El éxito de la micropropagación in vitro depende de gran parte, de la capacidad para manejar las plantas a gran escala durante el periodo de aclimatación, con un alto grado de supervivencia y a bajo costo.

En base al análisis situacional del vivero de la finca (diagnostico) realizado con anterioridad se definieron diferentes propuestas para la mejora sustancial en los procesos de producción de los meristemos de banano, entre los cuales podemos mencionar, la evaluación de diferentes sustratos para la aclimatación de merisecos de banano, Implementación de raquis de banano como alimento para la lombriz roja (*Eisenia foetida*), evaluación del efecto de la aplicación de hongo benéfico *Trichoderma harzianum*, en plantas de banano en la etapa de vivero.

Con el objetivo de incorporar sustratos orgánicos para la aclimatación de los merisecos, se evaluaron diez tratamientos con cinco repeticiones bajo un diseño completamente al azar. Se tomaron datos del desarrollo de los merisecos de banano durante 10 semanas.

Se concluyó que el tratamiento 6, mostró tener diferencia significativa en la variable altura, para la circunferencia de pseudotallo el tratamiento 6 y el tratamiento 7 mostraron las medias mas altas, para la variable de respuesta número de hojas los tratamientos 7, 2, 6, 3 y 4 mostraron diferencia significativa y para el peso radicular los tratamientos 10, 9 y 3 presentaron los mejores pesos. Según el análisis de costos parciales el tratamiento 1 fue que el presento los costos más bajos, sin embargo, no presento diferencias significativas para ninguna de las variables de respuesta.

Con la investigación del hongo benéfico *Trichoderma harzianum*, se evaluaron tres tratamientos con doce repeticiones bajo un diseño completamente al azar. Se tomaron datos del desarrollo de los meristemos durante 6 semanas.

Se concluyó que durante la etapa de vivero no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables de respuesta en el desarrollo de los meristemas

Estos proyectos mencionados anteriormente fueron desarrollados en el transcurso del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) con el afán de poder contribuir con el desarrollo del proceso de aclimatación de las plantas de banano, logrando la optimización de recursos y generar un beneficio económico y ambiental para la empresa.

### **3.2 SERVICIO 1. EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS EN LA ACLIMATACIÓN DE MERISECOS DE BANANO (*Mussa spp.*) EN LA FASE DE VIVERO.**

#### 3.2.1 Objetivos

##### 3.2.1.1. Objetivo general.

1. Evaluar el efecto de diferentes mezclas de sustratos en cuanto al crecimiento vegetativo de “merisecos de banano” (*mussa spp*) en la fase de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala.

##### 3.2.1.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de las mezclas de sustrato que mejor respuesta presenta en cuanto al desarrollo vegetativo del merisecho en vivero, en el cultivo de banano (*mussa spp*).
2. A través de costos de costos parciales, obtener el tratamiento con menor costo.

#### 3.2.2. Metodología

##### 3.2.2.1. Selección de los sustratos utilizados

Los sustratos utilizados para dicha investigación fueron sustratos producidos en la finca, a excepción de la gallinaza que esta es comprada, actualmente es la que se utiliza para la aclimatación de los merisecos en la fase de vivero. Los sustratos que se utilizaron fueron: lombricompost, raquis de banano y gallinaza cada uno en proporciones diferentes de suelo extraído de la finca.

### 3.2.2.2. Muestreo de sustratos

Para el muestreo de los sustratos se enviaron al laboratorio 1 kg por cada sustrato que se iba a evaluar, donde se realizó la prueba nutricional.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34. Fotografía de las muestras de diferentes sustratos para ser evaluadas en laboratorio.

### 3.2.2.3. Fase de Campo (I)

Los meristemas de la planta de banano están ubicados bajo una cobertura de sarán que es un mecanismo de sombra que filtra el 50 % de la radiación solar, establecido con la ayuda de postes y cables de acero tensados, el área donde se llevó a cabo dicha investigación es en el vivero 1 teniendo un área total de la infraestructura de 26,430.30 m<sup>2</sup>, el número de camas que contiene es de 65 y la dimensión de cada cama es de 5.40 metros de ancho por 75.3 m de largo.

#### 3.2.2.3.1. Material experimental

Se evaluaron tres tipos de sustratos y dos tipos de fertilizantes, incluyendo un tratamiento absoluto únicamente con suelo. En el cuadro 21 se presentan descritos los sustratos que se utilizaron. En el cuadro 22 se presentan los 10 tratamientos que se utilizaron.

Cuadro 21. *Sustratos que se utilizaron en la evaluación.*

<b>CODIGO</b>	<b>Fertilizante</b>
<b>A</b>	Gallinaza
<b>B</b>	Lombricomposta
<b>C</b>	Raquis de Banano
<b>D</b>	Suelo.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 22. *Tratamientos que se utilizarán en la evaluación de 10. En el vivero de la finca, departamento de Izabal.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	100% suelo
<b>2</b>	95% suelo + 5 % gallinaza
<b>3</b>	25% suelo + 75% Lombricompost
<b>4</b>	80% suelo + 20% raquis de banano
<b>5</b>	95% suelo + 5 % gallinaza + 6gr Triple 18
<b>6</b>	25% suelo + 75% Lombricompost + 6gr Triple 18
<b>7</b>	80% suelo + 20% raquis de banano + 6gr Triple 18
<b>8</b>	95% suelo + 5 % gallinaza + 200 ml lixiviado
<b>9</b>	25% suelo + 75% Lombricompost + 200 ml lixiviado
<b>10</b>	80% suelo + 20% raquis de banano + 200 ml lixiviado.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Para la aplicación de fertilizante se aplicaron 2 gr cada 15 días, después de 2 semanas de siembra, y la aplicación de lixiviado aplicó 50 ml a la semana hasta completar los 200 ml por planta.

### 3.2.2.3.2. Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 1 merisecos de banano en bolsas de polietileno 8" de ancho, 7" de alto por 3mm de espesor, estas bolsas fueron llenadas con un sustrato formado por la mezcla según cada tratamiento, el contenido de cada bolsa fue de 5.5 lb de sustrato por bolsa. Las bolsas estaban acondicionadas en hileras por tratamiento haciendo un total de 10 filas. Se evaluaron 10 tratamientos con 5 repeticiones cada uno, dando un total de 50 unidades experimentales. En la figura 35 se muestra la unidad experimental.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35. Fotografía de la unidad experimental utilizada, constituida por las bolsas de polietileno y el meristemo del cultivo de banano, en una bolsa de almacigo de 8 in de ancho, siete in de alto por tres mm de espesor cada unidad experimental con su respectiva identificación.

### 3.2.2.3.3. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, debido a que las condiciones en las que se efectuó el experimento fueron controladas.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + T_iH_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y<sub>ijk</sub>: ij-esima observación en el i-esimo nivel de desarrollo del sustrato utilizado



$\mu$ : Efecto de la media general del experimento.

T<sub>i</sub>: Efecto del j-esima tratamiento del fertilizante utilizado.

H<sub>j</sub>: Efecto del k-esima dosis de aplicación del lixiviado.

T<sub>j</sub>H<sub>j</sub>: Interacción de la i-esimo nivel desarrollo del fertilizante y de la j-esima dosis de aplicación.

E<sub>ij</sub>: Efecto del error experimental. Asociado a la ij-ésima unidad experimental (Balzarini, 2008).

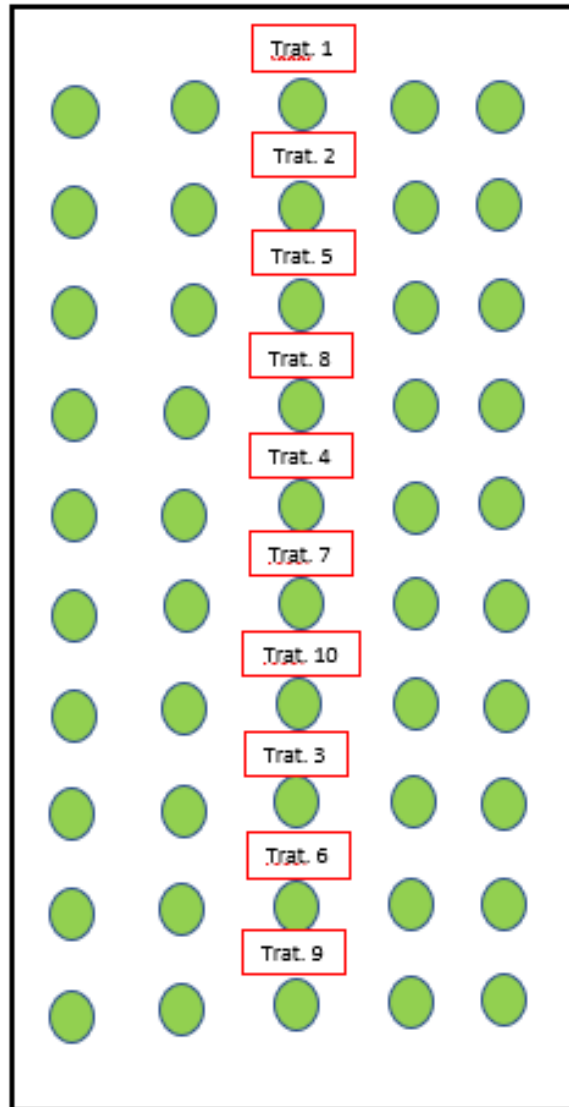
#### 3.2.2.3.4. Distribución de unidades experimentales en el área asignada

La distribución de las unidades experimentales se llevó a cabo en una cama del vivero con las dimensionales de 5.40 m de ancho por 75.3 m de largo tomando en cuenta que se evaluaron en total 50 bolsas de polietileno con sus respectivos merisecos de la planta de banano, fueron 10 filas para todos las unidades experimentales cada una con 5 bolsas con meristemos, cada unidad experimental fue identificada con un código indicando el tratamiento y repetición utilizada, las mismas se distribuyeron aleatoriamente. En la figura 37 se muestran los tratamientos de forma aleatorizada distribuidos por unidad experimental con un total de 5 repeticiones colocadas en la cama del vivero asignada.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 36. Fotografía de la distribución de tratamientos en el área experimental.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 37. Esquema de la *distribución y área experimental utilizada, constituida por 50 bolsas de polietileno y el meristemo del cultivo de banano, en una bolsa de almacigo de ocho in de ancho, siete in de alto por tres mm de espesor identificada con el código del tratamiento, cada unidad experimental.*

### 3.2.2.3.5. Manejo del Experimento.

#### **Revisión del Sarán**

Esta labor consistió en revisar previamente a la colocación de las bolsas si se encontraban en buen estado el sarán, si no existían traslapes, roturas, rasgaduras; si fuera el caso se procedió a cambiar.

De igual manera, luego de los vientos fuertes se realizó una supervisión de la infraestructura, con el objetivo de cambiar o reparar los daños ocasionados por el viento.

#### **Control de Malezas**

Esta labor consistió en realizar un control manual de malezas, como primera opción, sin embargo, cuando las malezas estaban muy altas se procedió a realizar el control mecánico, con machete para despejar los drenajes. (Fig. 38).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 38. Fotografía del control de Malezas en el vivero de la finca, del departamento Izabal.

## Mantenimiento de Riego

Se realizó una inspección visual para detectar los daños y reparar las fugas que pudiera tener la red del sistema de riego. Esta revisión se realizó previa a la recepción de meristemos. (Fig. 39).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 39. *Fotografía de la revisión sistema de Riego, Vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

## Cepillado de Camas

Esta actividad se realizó para limpiar las camas, eliminando material vegetal, materiales de mantenimiento, residuos de cal, sustrato, etc. Utilizando cepillos de material plástico para dicha labor. (Fig. 40)



Fuente: elaboración propia, 2018.



Figura 40. *Fotografía del cepillado de camas, Vivero de la finca en el departamento de Izabal.*

### **Desinfección del sistema de riego/camas de vivero.**

Esta labor consistió en desinfectar la tubería, aspersores, camas y drenajes, a través del sistema de riego. Para la desinfección se utiliza el desinfectante complejo de iodo-etanol a razón de 1 L / 25 gal de agua.

### **Aplicación de cal hidratada.**

Con el propósito de obtener una mejor desinfección y eliminar toda clase de bacterias, se aplicó cal hidratada al voleo, a una dosis de 66 lb por cada cama. (Fig.41)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 41. *Aplicación de Cal hidratada en las camas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

## **Preparación para la Siembra**

### **Suelo como sustrato para llenado de bolsas.**

Se utilizó un suelo con textura franco limoso, con altos contenidos de limo y arena fina, posteriormente se trasladaron a los viveros en camiones de palangana de volteo hidráulico con capacidad de 12 m<sup>3</sup>, seguidamente se procedió a mezclar con 9 sacos de gallinaza de 100 lb y 24 carretadas de arena. (Fig.42)

### **Cernido de Suelo**

Esta actividad consistió en cernir y tamizar el suelo con el fin de eliminar partículas grandes o gruesas que se encuentren mezcladas en el suelo, hasta lograr un buen sustrato, con el cual se tuvieron buenas condiciones para el desarrollo de las plantas meristemáticas. (Fig.42)

### **Llenado de bolsas**

Se utilizó una medida de bolsa de 8 in de ancho, 7 in de alto por 3 mm de espesor. Cada bolsa deberá contener 5.5 del sustrato correspondiente a cada tratamiento. (Fig.42)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 42. *Cernido, llenado de bolsas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

### **Ahoyado para la siembra**

Esta labor consistió en abrir un agujero en el suelo en cada bolsa. Dicho agujero debió realizarse en el centro de la bolsa. El agujero debió ser aproximadamente de 2 in de diámetro y 3 in de profundidad, en donde posteriormente se colocaron los meristemas. (Fig.43)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 43. Fotografía del *ahoyado de bolsas* en vivero de la finca, en el departamento de Izabal.

### Recepción de Merisecos

- Para esta recepción se realizó una exhaustiva revisión del material vegetal el proveedor será un laboratorio con tecnología Israelí de Costa Rica. Las características generales deberán ser:
- Altura de plantas de 7cm – 12 cm. Desde la base del tallo hasta la “V” formada por las últimas hojas.
- Las plantas meristemáticas deben de tener de 3-4 hojas sanas, desarrolladas y de color verde intenso.
- Sistema radicular sano y bien desarrollado. Fig. 44.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 44. Fotografía de la recepción de merisecos de banano.

### **Condiciones de Suelo antes de la Siembra**

Se regó un día antes de la siembra para mantener una buena humedad. El tiempo de riego dependió de las condiciones de humedad del suelo, pero normalmente se realizó un riego de 60 min.

### **Siembra de Merisecos**

Se introdujeron los meristemas dentro de los agujeros del suelo, seguidamente se presionó alrededor del pilón de la planta, para evitar la formación de cámaras de aire, entrada excesiva de humedad, luz solar que perjudique nuestro sistema radicular, luego se realizó el conteo de plantas según el experimento establecido. Fig. 45



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 45. Siembra Merisecos de banano, en el vivero de la finca, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

### **Riego y fertirriego**

Al finalizar la siembra, se realizaron microciclos de riego de agua de 10 min. a cada hora durante el día por 3 o 4 días, y durante todo el periodo que permanecieron los lotes dentro del vivero se regaron ciclos de 30 min. (10min antes de fertirriego y 20 min después de fertirriego). todos los días de lunes a sábado, y



cuando fue necesario también se incluyeron los domingos, para lograr una humedad adecuada en el suelo.

### Procedimiento de Riego.

- Se abrieron las válvulas del sistema de irrigación en lotes de diez camas, hasta regar el total del área, en ciclos de 10 minutos, luego 30 minutos de fertirriego y por último 20 min de agua.
- Se revisó cuidadosamente el funcionamiento de micro-aspersores; en caso de encontrar obstrucción o daño de este, se dio mantenimiento o cambio según fue necesario.

Al observar triángulos secos, inmediatamente se instalaron pantallas para mejorar la cobertura de los micro-aspersores

#### 3.2.2.4. Variables de Respuesta

##### e. **Altura de Pseudotallo (cm)**

- Los pseudotallos se midieron semanalmente, los que fueron seleccionados, se realizó el mismo día durante las 8 semanas.
- Se realizó la medición de dichos pseudotallos en 5 unidades muestrales, utilizando una regla métrica, se tomó la medida desde la base del pseudotallo hasta la primera formación de hojas o “V” como comúnmente se lo conoce. (Fig. 46).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 46. *Fotografía de la toma de altura del pseudotallo a la formación de la última hoja verdadera o “V”, con un metro.*

#### f. Circunferencia de Pseudotallo (cm)

- Se tomó la circunferencia de cada pseudotallo semanalmente, de igual manera los que fueron seleccionados y se encontraban identificados, este procedimiento se realizó el mismo día durante 8 semanas.
- Para la determinación de esta variable, se tomaron en cuenta 5 unidades muestrales y se utilizó una cinta métrica que se colocaba al centro del pseudotallo para tomar la medida. (Fig. 47.)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 47. Fotografía de la toma de la circunferencia del pseudotallo, tomando en cuenta que se medirá a la mitad de este cuando este de mayor tamaño.

#### g. Número de Hojas

- El conteo de hojas se realizó semanalmente, tomando en cuenta las unidades que estaban identificadas, este conteo se realizó durante 6 semanas el mismo día durante todas las semanas.
- Se contaron de 5 unidades muestrales observando planta por planta. (Fig. 48 y 49).

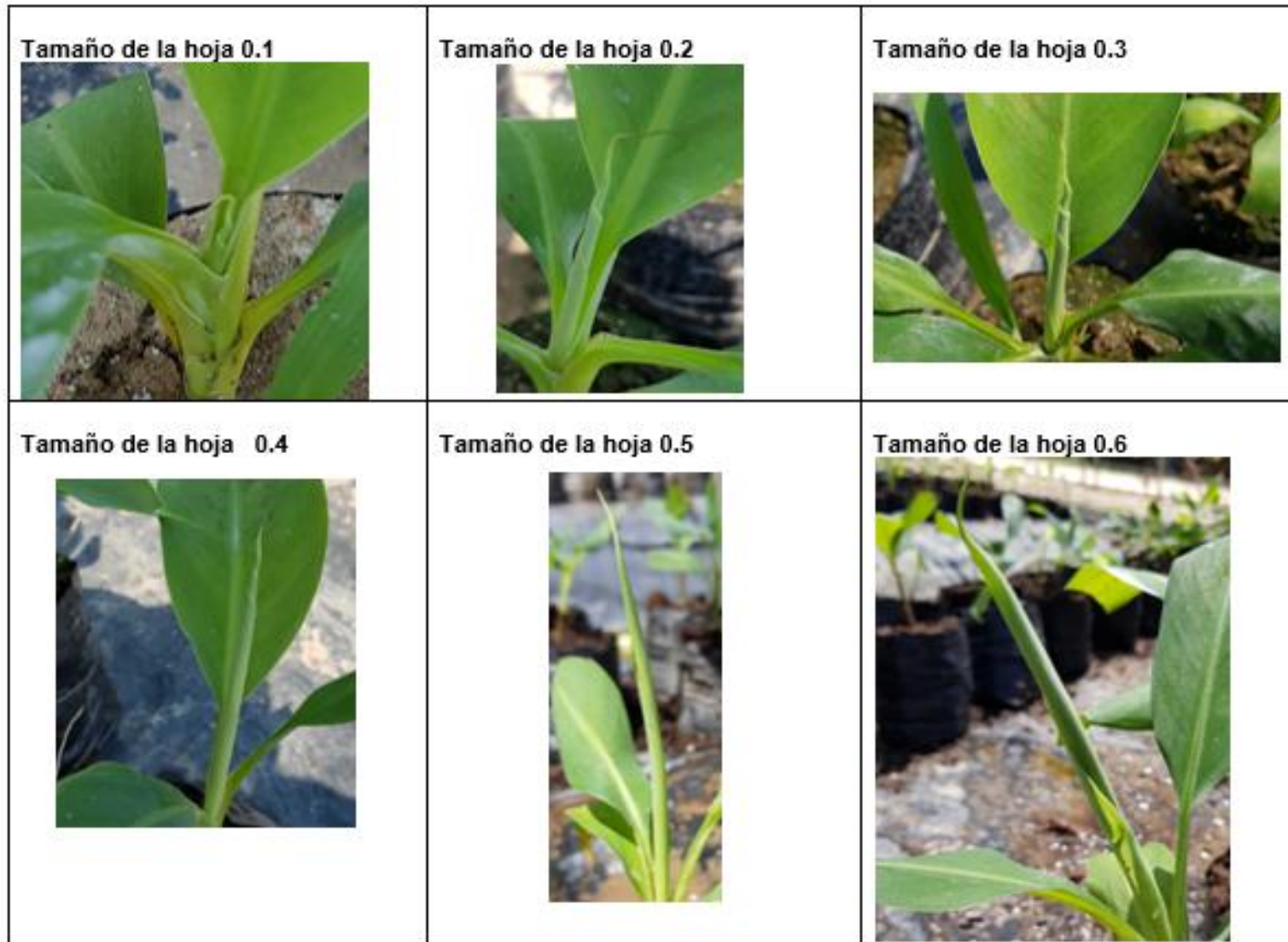


Figura 48. Fotografías de diferentes tamaños para determinar el número de hojas del 0.1-0.6

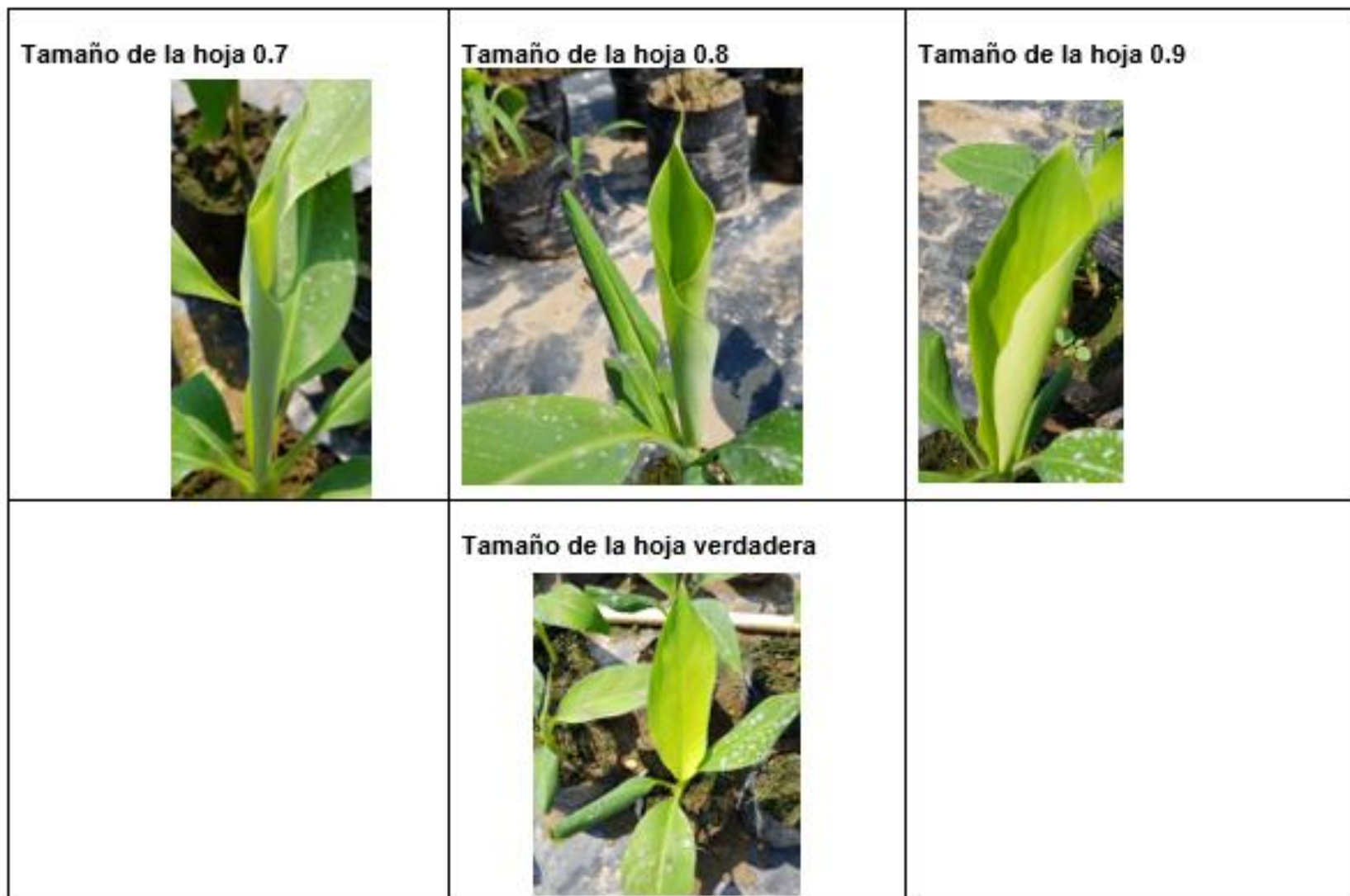


Figura 49. Fotografías de diferentes tamaños para determinar el número de hojas del 0.7-1 hoja verdadera.

#### h. **Peso Radicular (gr)**

- Para determinar el peso se realizó después de las 6 semanas transcurridas de los pseudotallos.
- Para determinar dicha variable se extrajo la raíz del pseudotallo se lavó para extraer la mayor cantidad de suelo y se puso al sol para secarse luego utilizando una balanza analítica se tomó el peso de las raíces, únicamente de 3 plantas por tratamiento. (Figura 50).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 50. Fotografía del peso radicular de cada planta y tratamiento evaluado.

#### 3.2.2.5. Análisis de la Información

Se procedió a efectuar un análisis de varianza (ANDEVA) para los diez tratamientos, una vez que las plántulas alcanzaron las seis semanas dentro del vivero. El ANDEVA para cada una de las variables de respuesta evaluadas, se realizaron con un diseño en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño completamente al azar.

Cuando existió diferencia estadística significativa en los correspondientes análisis de varianza para las variables en estudio, se realizaron pruebas de Bautista al 5% de significancia, para la interacción o efectos simples.

### 3.2.2.6. Análisis Económico

El análisis económico se realizó sobre la base de producir 4,500 merisecos de banano en vivero 1 de la finca, lo que nos da un total de 1 camas, se tomaron los precios actuales de cada uno de los materiales y mano de obra utilizada en el ensayo.



### 3.2.3. Resultados obtenidos

Para verificar si existió diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a realizar un análisis de varianza para las variables de respuesta evaluadas en la presente investigación, una vez que se alcanzaron los parámetros mínimos de aclimatación para que las plantas puedan ser llevadas a campo definitivo. La toma de datos para las variables de respuesta se realizó semanalmente, a partir de 2 semanas después del trasplante, hasta cumplir las 8 semanas en el vivero para conocer el desarrollo de los meristemos, según los sustratos evaluados.

#### Altura de la Planta

Según el análisis de varianza, realizado a las 8 semanas después del trasplante, a la variable de respuesta altura de las plántulas, que muestra el cuadro 23, se puede afirmar que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. Por lo que se procedió a realizar una comparación múltiple de medias, a través de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), para esta variable, la cual se presenta en el cuadro 24.

*Cuadro 23. Análisis de varianza en función de la variable altura. Evaluación de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Análisis de la Varianza					
Variable	Altura				
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	662.8	9	73.64	17.01	<0.0001
Trat	662.8	9	73.64	17.01	<0.0001
Error	173.2	40	4.33		
Total	836	49			

Cuadro 24. Prueba múltiple de medias TUKEY (alfa = 0.05) para la variable altura de los merisecos de los tratamientos evaluados a las ocho semanas después del trasplante en vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Tratamientos	Medias	n	E.E	Literal				
6	32.2	5	0.93	A				
7	31.4	5	0.93	A	B			
5	29.4	5	0.93	A	B	C		
3	27.2	5	0.93		B	C	D	
10	26.4	5	0.93			C	D	
9	25.8	5	0.93			C	D	
2	24.8	5	0.93				D	
4	24.2	5	0.93				D	E
8	22.8	5	0.93				D	E
1	19.8	5	0.93					E

En el cuadro anterior se presentan varios grupos definidos, observando que el tratamiento 6 conformado por el sustrato 25 % suelo + 75 % Lombricompost + 6gr Triple 18 presenta diferencias significativas en cuanto a la variable altura de los merisecos, mientras que los tratamientos 7 y 5 alcanzan medias por debajo de la mejor altura debido a que tienen relación con la letra número 3 esto nos indica que los tratamientos 7 conformado por 80% suelo + 20 % raquis de banano + 6 gr Triple 18, puede ser igual de bueno que el tratamiento 6 o bajo como el 3 y el tratamiento 5 conformado por 95% suelo + 5 % gallinaza + 6 gr Triple 18 pueden ser igual de buenos que el tratamiento 6 pero igual de bajo que el tratamiento 9 debido a que todas las literales están contenidas. Entre el tratamiento con la variable más bajo tenemos el tratamiento 1 debido a que este tratamiento fue nuestro tratamiento absoluto, estaba conformado únicamente por 100% suelo.



Los tratamientos que presentaron las medias más bajas son los tratamientos que dentro contenían la aplicación de fertilizante químico triple 18, sin embargo, los tratamientos con sustratos como el lombricomposta y raquis de banano ayudaron a que le desarrollo de la altura de la planta fuera mayor al sustrato que utilizan dentro del vivero. Esto debido al aporte nutricional y de microorganismos que aportan dichos sustratos provenientes de desechos generados dentro de la finca.

### Circunferencia de Pseudotallo

Según el análisis de varianza, realizado a las 8 semanas después del trasplante, a la variable de respuesta circunferencia de las plántulas, que muestra el cuadro 25, se puede afirmar que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. Por lo que se procedió a realizar una comparación múltiple de medias, a través de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), para esta variable, la cual se presenta en el cuadro 26.

*Cuadro 25. Análisis de varianza en función de la variable circunferencia de pseudotallo. Evaluación de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018*

Tratamientos	Medias	n	E.E	Literal		
6	10.92	5	0.21	A		
7	10.68	5	0.21	A		
5	9.44	5	0.21		B	
3	9.36	5	0.21		B	
9	9.16	5	0.21		B	
4	9.16	5	0.21		B	
10	8.98	5	0.21		B	

Cuadro 26. de medias 0.05) para la circunferencia de los los tratamientos 8 semanas

*Prueba múltiple TUKEY (alfa = variable de pseudotallo merisecos de evaluados a las después del*

trasplante en Amates, Izabal, 2018.

2	8.64	5	0.21		B	C	
8	7.68	5	0.21		B	C	D
1	6.88	5	0.21				D

vivero. Los Guatemala

En el anterior se cuatro definidos ver que

Variable	Circunferencia de Pseudotallo				
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	65.85	9	7.32	31.67	<0.0001
Trat	65.85	9	7.32	31.67	<0.0001
Error	9.24	40	0.23		
Total	75.09	49			

cuadro muestran grupos bien podemos para la

variable circunferencia de pseudotallo el tratamiento 6 y 7 nos generaron las medias más altas el primero conformado por 25 % suelo + 75 % Lombricompost + 6gr Triple 18 y el segundo por 80% suelo + 20 % raquis de banano + 6gr Triple 18, lo que nos dice que cualquiera de los dos tratamientos nos generará las medias mas altas con la variable diámetro de pseudotallo, los demás tratamientos no presentan medias tan altas del tratamiento 5 puede ser tan malo como el tratamiento 1 que es nuestro tratamiento absoluto conformado por 100% suelo.

El lombricompost y el raquis de banano generaron circunferencia muy buenos debido a su contenido de potasio, ya que a mayor potasio mayor desarrollo de la planta, este elemento es fundamental en la planta de banano ya que este contenido

como un catión en las células de la planta y ayuda en la respiración celular y fotosíntesis. Nombrado el elemento más importante y el de mayor requerimiento de la planta.

### Número de Hojas

Según el análisis de varianza, realizado a las 8 semanas después del trasplante, a la variable de respuesta número de hojas, que muestra el cuadro 27, se puede afirmar que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. Por lo que se procedió a realizar una comparación múltiple de medias, a través de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), para esta variable, la cual se presenta en el cuadro 28.

Cuadro 27. *Análisis de varianza en función de la variable número de hojas. Evaluación de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Análisis de la Varianza					
Variable	Número de Hojas				
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20.76	9	2.31	3.93	0.0012
Trat	20.76	9	2.31	3.93	0.0012
Error	23.49	40	0.59		
Total	44.25	49			

Cuadro 28. Prueba múltiple de medias TUKEY (alfa = 0.05) para la variable número de hojas de los merisecos de los tratamientos evaluados a las ocho semanas después del trasplante en vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Tratamientos	Medias	n	E.E	Literal	
7	11.24	5	0.34	A	
2	10.62	5	0.34	A	
6	10.5	5	0.34	A	
3	10.26	5	0.34	A	
4	10.08	5	0.34	A	
8	9.5	5	0.34		B
5	9.5	5	0.34		B
10	9.46	5	0.34		B
1	9.28	5	0.34		B
9	9.22	5	0.34		B

En el cuadro anterior observamos dos grupos bien definidos por lo que podemos decir que el tratamiento 7 conformado por 80% suelo + 20% raquis de banano + 6gr Triple 18 puede ser el mejor tratamiento para la variable número de hojas como los tratamientos 2, 6, 3 y 4 conformados por 95% suelo + 5 % gallinaza, 25% suelo + 75% Lombricompost + 6gr Triple 18, 25% suelo + 75% Lombricompost y 80% suelo + 20% raquis de banano. Cualquiera de los tratamientos descritos anteriormente puede ser tan bueno como el tratamiento 7. Mientras que el tratamiento 8, 5, 10 y 1 pueden ser tan malos como el tratamiento 9.

## Peso Radicular

Según el análisis de varianza, realizado a las 8 semanas después del trasplante, a la variable de respuesta peso radicular, que muestra el cuadro 29, se puede afirmar que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. Por lo que se procedió a realizar una comparación múltiple de medias, a través de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), para esta variable, la cual se presenta en el cuadro 30.

Cuadro 29. *Análisis de varianza en función de la variable peso radicular (gr). Evaluación de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Análisis de la Varianza					
Variable	Peso Radicular				
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18615.62	9	2068.4	31.44	<0.0001
Trat	18615.62	9	2068.4	31.44	<0.0001
Error	2631.2	40	65.78		
Total	21246.82	49			

Cuadro 30. Prueba múltiple de medias TUKEY (alfa = 0.05) para la variable peso radicular de los merisecos de los tratamientos evaluados. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Tratamientos	Medias	n	E.E	Literal			
10	79.4	5	3.63	A			
9	71.2	5	3.63	A			
3	69.2	5	3.63	A			
4	55.6	5	3.63		B		
6	39.6	5	3.63			C	
7	36.2	5	3.63			C	
5	35.6	5	3.63			C	
8	33.6	5	3.63			C	
2	24.2	5	3.63				D
1	23	5	3.63				D

Según la prueba múltiple de medias podemos observar que los tratamientos 10, 9 y 3 los cuales eran 80% suelo + 20% raquis de banano + 200 ml lixiviado, 25 % suelo + 75 % Lombricompost + 200 ml lixiviado y 25% suelo + 75% Lombricompost nos generan el mayor peso radicular, podemos darnos cuenta que dos de los tratamientos son con la aplicación de lixiviado de lombricompost esto debido a los microorganismos que este lixiviado posee y hace que la rizosfera de nuestros

meristemas sea ideal para el desarrollo radicular, aportando microorganismos benéficos que protegen las raíces de patógenos y estimulan un mejor desarrollo.

### Caracterización de los Sustratos

Cuadro 31. *Características químicas de los sustratos evaluados en la aclimatación de merisecos de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

IDENTIFICACIÓN	pH	mS/cm C.E	ppm					Meq/100gr					%		
			P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	M.O	N
Rango Adecuado	6-6.5	1500-2000	12.0- 16	2.0- 4.0	4.0- 6.0	10.0- 15.0	10.0- 15.0	20- 25	4.0-8.0	1.5- 2		0.27- 0.38	75-90	4.0-5.0	0.3-0.4
95% suelo, 5% gallinaza	8.1	1.76	144	4.5	12.5	9.5	54	14.22	14.22	3.91	0.7	1.97	>100	0.8	0.12
25% suelo, 75% lombricompost	8.3	12.65	171	1	16	0.5	49	24.58	16.47	11.1	2.22	12.95	>100	8.49	0.46
95% suelo, 5% gallinaza	8.2	1.49	67	9.5	7	80	44.5	15.41	13.22	2.75	0.31	3.23	>100	0.79	0.09

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana", Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad Universitaria, Zona 12. Guatemala Centroamérica.



Cuadro 32. *Características químicas del Lixiviado evaluado en la aclimatación de merisecos de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

IDENTIFICACIÓN	pH	mS / cm C.E	ppm										%	
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	B	S	%NT
Lixiviado Lombricompost	9.7	12.49	27	3,500	87.5	168.8	0	0.1	0.8	1.1	110	4.65	0.17	0.009

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana", Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad Universitaria, Zona 12. Guatemala Centroamérica.

Cuadro 33. *Características Clase Textural de los sustratos evaluado en la aclimatación de merisecos de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Sustrato	%			Clase Textural
	Arcilla	Limo	Arena	
95% suelo, 5% gallinaza	11.26	37.8	50.94	Franco
25% suelo, 75% lombricompost	11.26	21	67.74	Franco Arenoso
80% suelo, 20% raquis de banano	21.76	33.6	44.64	Franco

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana”, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad Universitaria, Zona 12. Guatemala Centroamérica.

### **Análisis Económico**

El análisis económico se realizó sobre la base de producir 1 cama del vivero lo que equivale a un total de 4,500 meristemos de banano, se tomó en cuenta el costo de cada tratamiento y la mano de obra para poder aplicarlo. Cuadro 34.

Cuadro 34. Costo de los tratamientos utilizados como sustratos en la evaluación de la aclimatación de vitro-plantas de banano en la etapa de vivero. Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.

Tratamiento	Costo Total de Operación	Costo Total 1 cama	Total Costo de Operación	Costo Total 1 Cama
1	Q 0.33	Q 1,485.00	\$ 0.04	\$ 191.86
2	Q 0.49	Q 2,205.00	\$ 0.06	\$ 284.88
3	Q 1.48	Q 6,660.00	\$ 0.19	\$ 860.47
4	Q 0.42	Q 1,890.00	\$ 0.05	\$ 244.19
5	Q 0.56	Q 2,520.00	\$ 0.07	\$ 325.58
6	Q 1.55	Q 6,975.00	\$ 0.20	\$ 901.16
7	Q 0.49	Q 2,205.00	\$ 0.06	\$ 284.88
8	Q 0.81	Q 3,645.00	\$ 0.10	\$ 470.93
9	Q 1.80	Q 8,100.00	\$ 0.23	\$ 1,046.51
10	Q 0.74	Q 3,330.00	\$ 0.10	\$ 430.23

En el cuadro anterior podemos observar que el tratamiento 6 y 7 siendo de los mejores tratamientos en la mayoría de nuestras variables de respuesta representan un costo de Q 6, 975.00 el tratamiento 6 que consiste en 25% suelo + 75 % Lombricompost + 6gr Triple 18 y Q 2,205.00 el tratamiento 7 conformado por 80% suelo + 20 % raquis de banano + 6 gr Triple 18. El costo más bajo es el tratamiento 1 teniendo un costo de Q 1,485.00, debido a que consiste únicamente del sustrato suelo

### 3.2.4 Conclusiones

1. El tratamiento 6 conformados por 25% suelo + 75% Lombricompost + 6gr Triple 18 y el tratamiento 7 conformados por 80% suelo + 20% raquis de banano + 6gr Triple 18, presentaron variables altura, circunferencia de pseudotallo y número de hojas más altas en comparación con los demás tratamientos. Mientras para la variable peso radicular existieron varios tratamientos que nos presentaron el mayor peso radicular los cuales fueron los tratamientos 10, 9 y 3 conformados por 80% suelo + 20% raquis de banano + 200 ml lixiviado, 25 % suelo + 75 % Lombricompost + 200 ml lixiviado y 25 % suelo + 75 % Lombricompost.
2. El tratamiento, formado en su totalidad por suelo del lugar, fue el más favorable según el análisis económico realizado, ya que presentó el valor de costo parcial más bajos. Con total por operación de Q0.33 haciendo un total por cama de Q1,485.00. Sin embargo, es un sustrato que proporcione las variables evaluadas más bajas. Por lo que el tratamiento 6 conformado por 25% suelo + 75 % Lombricompost + 6gr Triple 18 tiene un costo total por operación de Q1.55, el costo por cama es de Q6,975 y el tratamiento 7 conformado por 80% suelo + 20 % raquis de banano + 6gr Triple 18 tiene un costo total de operación de Q0.49 y un costo por cama de Q2,205.

### 3.2.5 Recomendaciones

1. Para aclimatar merisecos de banano en la etapa de vivero bajo condiciones de sombreador a gran escala, se recomienda utilizar el sustrato compuesto de 80% suelo + 20% raquis de banano + 6gr Triple 18, debido a que éste presentó las mejores variables de respuesta, teniendo diferencias estadísticas significativas en la altura, circunferencia de pseudotallo y número de hojas respecto a los demás tratamientos evaluados, así también por presentar el costo más bajo a comparación de los demás tratamientos que también presentaron diferencias significativas altas.

### **3.3 SERVICIO 2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE HONGO BENÉFICO *TRICHODERMA HARZIANUM*, EN PLANTAS DE BANANO EN LA ETAPA DE VIVERO.**

#### 3.3.1 Objetivos

##### 3.3.1.1. Objetivo general

1. Evaluar el efecto de la aplicación de hongos benéficos *Trichoderma Harzianum*, en plantas de banano en la fase de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala.

##### 3.3.1.2. Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la aplicación del hongo benéfico *Trichoderma harzianum* en cuanto al desarrollo vegetativo del meristemos en vivero, en el cultivo de banano (*mussa spp*).
2. *Determinar la dosis de aplicación* del hongo benéfico *Trichoderma harzianum* en cuanto al desarrollo vegetativo del meristemos en vivero, en el cultivo de banano (*mussa spp*).

#### 3.3.2. Metodología

##### 3.3.2.1. Fase de Campo (I)

Los meristemos de la planta de banano están ubicados bajo una cobertura de sarán que es un mecanismo de sombra que filtra el 50 % de la radiación solar, establecido con la ayuda de postes y cables de acero tensados, el área donde se llevó a cabo dicha investigación es en el vivero 1 teniendo un área total de la infraestructura de 26,430.30  $m^2$ , el numero de camas que contiene es de 65 y la dimensión de cada cama es de 5.40 metros de ancho por 75.3 m de largo.

### 3.3.2.1.1. Material experimental

Se evaluaron diferentes dosis del hongo benéfico *Trichoderma harzianum*. Este hongo fue obtenido en forma líquida. En el cuadro 1 se presentan descritos los tratamientos que se utilizaron para la siguiente investigación.

Cuadro 35. *Tratamientos que se utilizarán en la evaluación del hongo benéfico Trichoderma harzianum . En el vivero de la finca, departamento de Izabal.*

Tratamiento	Descripción
1	225 ml solución Trichoderma
2	300 ml solución Trichoderma
3	Testigo

Fuente: elaboración propia, 2018.

La preparación de la solución de Trichoderma estaba conformada por 160 ml de Trichoderma + 25 ml corrector de dureza / 16 litros de agua (1 bomba de mochila).

#### Tratamiento 1

Este tratamiento estaba conformado por tres aplicaciones de 75 ml de la solución del hongo benéfico *Trichoderma harzianum*, por meristemo de banano, cada 15 días durante las 6 semanas que las plantas permanecían dentro del invernadero, haciendo un total de 225 ml de la solución de Trichoderma / planta. En total fueron 3 aplicaciones durante el ciclo.

#### Tratamiento 2

Este tratamiento estaba conformado por tres aplicaciones de 100 ml de la solución del hongo benéfico *Trichoderma harzianum*, por meristemo de banano, cada 15 días durante las 6 semanas que las plantas permanecían dentro del invernadero, haciendo un total de 300 ml de la solución de Trichoderma / planta. En total fueron 3 aplicaciones durante el ciclo.

### Tratamiento 3

Este tratamiento fue nuestro tratamiento testigo, el cual no recibió ninguna dosis del hongo benéfico.

#### .3.3.2.1.2. Área Experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 4,500 meristemos de banano en bolsas de polietileno 8 in de ancho, 7 in de alto por 3mm de espesor, estas bolsas fueron llenadas con un sustrato formado por la mezcla de 12 m<sup>3</sup> de suelo con 9 sacos de gallinaza de 100 lb y 24 carretas de arena, el contenido de cada bolsa fue de 1 kg de sustrato por bolsa. Las bolsas estaban acondicionadas en hileras dobles haciendo un total de 6 filas dobles, cada fila doble estaba separada por 60 cm. Se evaluaron 6 tratamientos con tres repeticiones, dando un total de 18 unidades experimentales. Se utilizó un área de 5.40 metros de ancho, por 5 metros de largo se colocarán 12 filas con 17 bolsas cada fila. Figura 51.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 51. Fotografía del área experimental de la evaluación del efecto de la aplicación de hongo benéfico *Trichoderma harzianum*, en plantas de banano en la etapa de vivero.



### 3.3.2.1.3. Modelo Estadístico-Matemático Del Diseño Completamente al Azar

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + T_iH_j + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : ij-esima observación en el i-esimo nivel de desarrollo del fertilizante utilizado

$\mu$ : Efecto de la media general del experimento.

$T_i$ : Efecto del j-esima tratamiento del fertilizante utilizado.

$H_j$ : Efecto del k-esima dosis de aplicación del lixiviado.

$T_iH_j$ : Interacción de la i-esimo nivel desarrollo del fertilizante y de la j-esima dosis de aplicación.

$E_{ijk}$ : Efecto del error experimental. Asociado a la ij-ésima unidad experimental (Balzarini, 2008).

### 3.3.2.1.4. Manejo del Experimento.

#### Revisión del Sarán

Esta labor consistió en revisar previamente a la colocación de las bolsas si se encontraban en buen estado el sarán, si no existían traslapes, roturas, rasgaduras; si fuera el caso se procedió a cambiar.

De igual manera, luego de los vientos fuertes se realizó una supervisión de la infraestructura, con el objetivo de cambiar o reparar los daños ocasionados por el viento.

#### Control de Malezas

Esta labor consistió en realizar un control manual de malezas, como primera opción, sin embargo, cuando las malezas estaban muy altas se procedió a realizar el control mecánico, con machete para despejar los drenajes. (Fig. 52).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 52. Fotografía del control de Malezas en el vivero de la finca, del departamento Izabal.

## Mantenimiento de Riego

Se realizó una inspección visual para detectar los daños y reparar las fugas que pudiera tener la red del sistema de riego. Esta revisión se realizó previa a la recepción de meristemos. (Fig. 53).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 53. *Fotografía de la revisión sistema de Riego, Vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

## Cepillado de Camas

Esta actividad se realizó para limpiar las camas, eliminando material vegetal, materiales de mantenimiento, residuos de cal, sustrato, etc. Utilizando cepillos de material plástico para dicha labor. (Fig. 54)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 54. *Fotografía del cepillado de camas, Vivero de la finca en el departamento de Izabal.*

### **Desinfección del sistema de riego/camas de vivero.**

Esta labor consistió en desinfectar la tubería, aspersores, camas y drenajes, a través del sistema de riego. Para la desinfección se utiliza el desinfectante complejo de iodo-etanol a razón de 1 L / 25 gal de agua.

### **Aplicación de cal hidratada.**

Con el propósito de obtener una mejor desinfección y eliminar toda clase de bacterias, se aplicó cal hidratada al voleo, a una dosis de 66 lb por cada cama. (Fig.55)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 55. *Aplicación de Cal hidratada en las camas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

### **Preparación para la Siembra**

#### **Suelo como sustrato para llenado de bolsas.**

Se utilizó un suelo con textura franco limoso, con altos contenidos de limo y arena fina, posteriormente se trasladaron a los viveros en camiones de palangana de volteo hidráulico con capacidad de 12 m<sup>3</sup>, seguidamente se procedió a mezclar con 9 sacos de gallinaza de 100 lb y 24 carretadas de arena. (Fig.56)

#### **Cernido de Suelo**

Esta actividad consistió en cernir y tamizar el suelo con el fin de eliminar partículas grandes o gruesas que se encuentren mezcladas en el suelo, hasta lograr

un buen sustrato, con el cual se tuvieron buenas condiciones para el desarrollo de las plantas meristemáticas. (Fig.56)

### **Llenado de bolsas**

Se utilizó una medida de bolsa de 8 in de ancho, 7 in de alto por 3 mm de espesor. Cada bolsa deberá contener 5.5 del sustrato correspondiente a cada tratamiento. (Fig.56)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 56. *Cernido, llenado de bolsas, vivero de la finca, en el departamento de Izabal.*

### **Ahoyado para la siembra**

Esta labor consistió en abrir un agujero en el suelo en cada bolsa. Dicho agujero debió realizarse en el centro de la bolsa. El agujero debió ser aproximadamente de 2 in de diámetro y 3 in de profundidad, en donde posteriormente se colocaron los meristemas. (Fig.57)





Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 57. Fotografía del *ahoyado de bolsas* en vivero de la finca, en el departamento de Izabal.

### **Condiciones de Suelo antes de la Siembra**

Se regó un día antes de la siembra para mantener una buena humedad. El tiempo de riego dependió de las condiciones de humedad del suelo, pero normalmente se realizó un riego de 60 min.

### **Siembra de Merisecos**

Se introdujeron los meristemas dentro de los agujeros del suelo, seguidamente se presionó alrededor del pilón de la planta, para evitar la formación de cámaras de aire, entrada excesiva de humedad, luz solar que perjudique nuestro sistema radicular, luego se realizó el conteo de plantas según el experimento establecido. Figura 58.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 58. *Siembra Merisecos de banano, en el vivero de la finca, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

### **Riego y fertirriego**

Al finalizar la siembra, se realizaron microciclos de riego de agua de 10 min. a cada hora durante el día por 3 o 4 días, y durante todo el periodo que permanecieron los lotes dentro del vivero se regaron ciclos de 30 min. (10min antes de fertirriego y 20 min después de fertirriego). todos los días de lunes a sábado, y cuando fue necesario también se incluyeron los domingos, para lograr una humedad adecuada en el suelo.

### **Procedimiento de Riego.**

- Se abrieron las válvulas del sistema de irrigación en lotes de diez camas, hasta regar el total del área, en ciclos de 10 minutos, luego 30 minutos de fertirriego y por último 20 min de agua.
- Se revisó cuidadosamente el funcionamiento de micro-aspersores; en caso de encontrar obstrucción o daño de este, se dio mantenimiento o cambio según fue necesario.

Al observar triángulos secos, inmediatamente se instalaron pantallas para mejorar la cobertura de los micro-aspersores

### 3.3.2.2. Variables de Respuesta

#### i. **Altura de Pseudotallo (cm)**

- Los pseudotallos se midieron semanalmente, los que fueron seleccionados, se realizó el mismo día durante las 8 semanas.
- Se realizó la medición de dichos pseudotallos en 5 unidades muestrales, utilizando una regla métrica, se tomó la medida desde la base del pseudotallo hasta la primera formación de hojas o “V” como comúnmente se lo conoce. (Fig. 59).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 59. *Fotografía de la toma de altura del pseudotallo a la formación de la última hoja verdadera o “V”, con un metro.*

#### j. **Circunferencia de Pseudotallo (cm)**

- Se tomó la circunferencia de cada pseudotallo semanalmente, de igual manera los que fueron seleccionados y se encontraban identificados, este procedimiento se realizó el mismo día durante 8 semanas.
- Para la determinación de esta variable, se tomaron en cuenta 5 unidades muestrales y se utilizó una cinta métrica que se colocaba al centro del pseudotallo para tomar la medida. (Fig. 60.)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 60. *Fotografía de la toma de la circunferencia del pseudotallo, tomando en cuenta que se medirá a la mitad de este cuando este de mayor tamaño.*

#### **k. Número de Hojas**

- El conteo de hojas se realizó semanalmente, tomando en cuenta las unidades que estaban identificadas, este conteo se realizó durante 6 semanas el mismo día durante todas las semanas.
- Se contaron de 5 unidades muestrales observando planta por planta. (Figura 61 y 62).



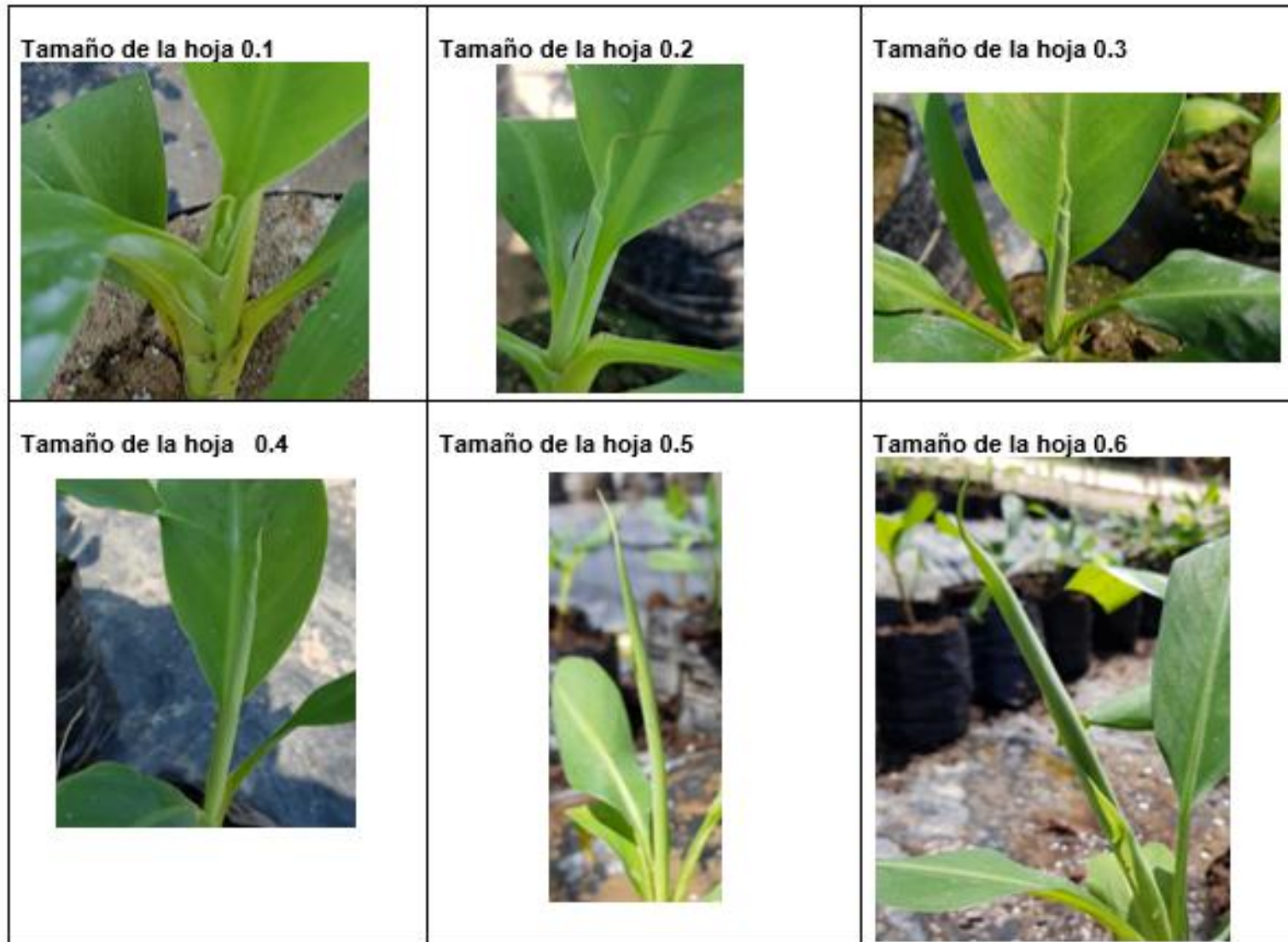


Figura 61. Fotografías de diferentes tamaños para determinar el número de hojas del 0.1-0.6

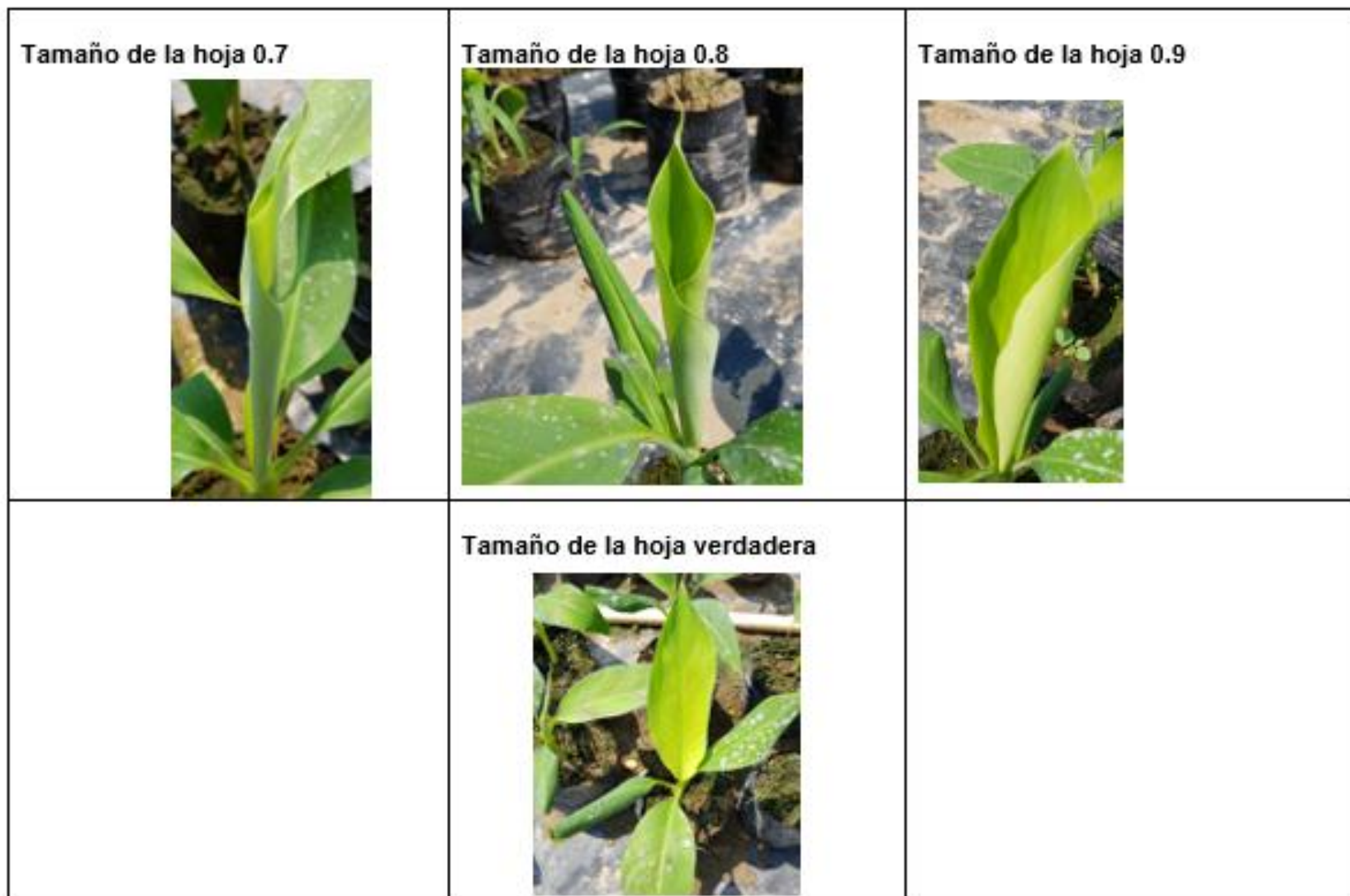


Figura 62. Fotografías de diferentes tamaños para determinar el número de hojas del 0.7-1 hoja verdadera.

### I. **Peso Radicular (gr)**

- Para determinar el peso se realizó después de las 6 semanas transcurridas de los pseudotallos.
- Para determinar dicha variable se extrajo la raíz del pseudotallo se lavó para extraer la mayor cantidad de suelo y se puso al sol para secarse luego utilizando una balanza analítica se tomó el peso de las raíces, únicamente de 3 plantas por tratamiento. (Figura 63).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 63. *Fotografía del peso radicular de cada planta y tratamiento evaluado.*

#### 3.3.2.3. Análisis de la Información

Se procedió a efectuar un análisis de varianza (ANDEVA) para los diez tratamientos, una vez que las plántulas alcanzaron las seis semanas dentro del vivero. El ANDEVA para cada una de las variables de respuesta evaluadas, se realizaron con un diseño en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño completamente al azar.

Cuando existió diferencia estadística significativa en los correspondientes análisis de varianza para las variables en estudio, se realizaron pruebas de Bautista al 5% de significancia, para la interacción o efectos simples.

#### 3.3.2.4. Análisis económico

El análisis económico se realizó sobre la base de producir 4,500 merisecos de banano en vivero 1 de la finca, lo que nos da un total de 1 camas, se tomaron los precios actuales de cada uno de los materiales y mano de obra utilizada en el ensayo.

### 3.3.3. Resultados obtenidos

#### Altura de la Planta

Para verificar si existió diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a realizar un análisis de varianza para las variables de respuesta evaluadas en la presente investigación, una vez que se alcanzaron los parámetros mínimos de aclimatación para que las plantas puedan ser llevadas a campo definitivo. La toma de datos para las variables de respuesta se realizó semanalmente, a partir de 3 días después de la siembra, hasta cumplir las 6 semanas en el vivero para conocer el desarrollo de los meristemas, según los sustratos evaluados.

#### Altura de la Planta, Circunferencia de Pseudotallo, número de hojas y Peso radicular.

Según el análisis de varianza, realizado a las 6 semanas después del trasplante, a la variable de respuesta altura de las plántulas, que muestra el cuadro 36, se puede afirmar que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. Por lo que se procedió a realizar una comparación múltiple de medias, a través de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), para esta variable, la cual se presenta en el cuadro 37.

Cuadro 36. *Análisis de varianza en función de la variable altura. Evaluación de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Análisis de la Varianza					
Variable	Altura				
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.87	2	4.93	0.31	0.7366
Trat	9.87	2	4.93	0.31	0.7366
Error	430.80	27	15.96		
Total	440.67	29			

Cuadro 37. *Análisis de varianza en función de la variable número de hojas. Evaluación de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Análisis de la Varianza					
Variable	Hojas				
F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.59	2	0.80	2.21	0.1295
Trat	1.59	2	0.80	2.21	0.1295
Error	9.74	27	0.36		
Total	11.33	29			

Cuadro 38. *Análisis de varianza en función de la variable circunferencia de pseudotallo. Evaluación de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Análisis de la Varianza					
Variable	Circunf.				
F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	2	0.01	0.01	0.9867
Trat	0.02	2	0.01	0.01	0.9867
Error	24.25	27	0.90		
Total	24.27	29			

Cuadro 39. *Análisis de varianza en función de la variable circunferencia de pseudotallo. Evaluación de la aplicación de hongo benéfico Trichoderma en el crecimiento vegetativo de merisecos del banano (mussa spp), durante la etapa de vivero, Los Amates, Izabal, Guatemala 2018.*

Análisis de la Varianza					
Variable	Peso Radicular				
F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	4.2	2	2.1	1.49	0.2650
Trat	4.2	2	2.1	1.49	0.2650
Error	0.02	12	1.4		
Total	0.02	14			

En los cuadros anteriores (38 y 39) podemos observar que no existió diferencia significativa con ninguna de las variables de respuesta analizadas, debido a que todas las plantas llegaron a los parámetros mínimos promedio de 30 cm, 9 hojas, 8 cm en circunferencia de pseudotallo, para que estas pudieran ser sembradas en campo definitivo. Es importante mencionar que durante las aplicaciones del hongo benéfico se reportaron un promedio de 38°C y sin presentar precipitaciones, lo cual hacia un ambiente desfavorable para el crecimiento y desarrollo del hongo.

En relación a esto último Howell (2003), señala que los mecanismos de acción de la especies de Trichoderma están fuertemente influenciadas por el sustrato sobre el cual el hongo se desarrolle y condiciones ambientales tales como la temperatura, pH de suelo, presencia de otros microorganismos nativos de la zona; el autor también señala que estos factores podrían influir en la actividad biocontroladora por inhibición del crecimiento y desarrollo de este, o podría influir también en la producción de metabolismos de enzimas y/o antibióticos, asimismo puede ser el caso de que no los afecte pero si limite su eficacia en el desarrollo vegetativo de la planta.

#### 3.3.4. Conclusiones

1. En la etapa de vivero no se encontraron diferencias significativas por ninguno de los tratamientos evaluados en cuanto a las variables de respuesta altura, circunferencia de pseudotallo, número de hojas y peso radicular.
2. Ninguna de las dosis evaluadas presentó diferencias significativas en cuanto al desarrollo de los meristemas de banano.

#### 3.3.5. Recomendaciones

1. Se recomienda continuar con la investigación en campo definitivo ya que las plantas si presentaban diferencias significativas en este lugar de desarrollo.



### 3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, A. 2002. Identificación de hongos asociados al deterioro radicular del banano (*Musa AAA*) y su relación con el daño causado por el nematodo barrenador (*Radopholus similis*, Cobb) en fincas de la vertiente del Caribe de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica, ITCR. 57 p.
2. Araya, M. 2004. Situación actual del manejo de nematodos en banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el trópico americano. *In* Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en los trópicos (2003, Guayaquil, Ecuador). Guayaquil, Ecuador. p. 79-102.
3. López, A. 1999. Fertilización convencional del cultivo de banano en Costa Rica y su relación con la producción sostenible. *In* Rosales, FE; Tripon, SC; Cerna, J. Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable; taller internacional (1998, Guacimo, Costa Rica). Memorias. Guácimo, Costa Rica, INIBAP-CIID CanadaEARTH. 265 p.
4. Maldonado C, SA. 1999. Evaluación de dos alternativas de manejo y tres productos químicos para el control del complejo: picudo, *Erwinia* y hongos asociados a la muerte de cormos de banano (*Musa sapientum*) en vivero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 65 p.
5. Morales Munguía, J.C.; Fernández Ramírez, M.V.; Montiel Cota, A.; Peralta Beltrán, B.C. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de la lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia* 11(1):19-26. Consultado 26 feb. 2018. Disponible en <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/49>
6. Muñoz, R.E.; Madriñán-Molina, R. 2005. Efecto de lixiviados del raquis de plátano sobre la actividad y biomasa microbiana en floración y cosecha del tomate. *Acta Agronómica* 54(1):19-24. Disponible en [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/104/228](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/104/228)
7. Ortiz Vega, R.A. *et al.* 1999. El cultivo del banano. San José, Costa Rica, EUNED. 186 p.
8. Russo, R. 1995. Efecto de un bioestimulante húmico extraído del raquis de banano (pinzote) sobre el crecimiento de plántulas de banano (*Musa AAA* subgrupo "Cavendish" clon Gran Enano). *Agronomía Mesoamericana* 6:130-133.

9. Staley, B.F.; De los Reyes, F.L.; Barlaz, M.A. 2012. Comparison of bacteria and archaea communities in municipal solid waste, individual refuse components, and leachate. *FEMS Microbiol. Ecol.* 79(2):465-473. <https://academic.oup.com/femsec/article/79/2/465/471189>
10. Tisdale, S.L.; Nelson, W.L. 1988. *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Trad. por Jorge Balasch. México, UTHEA. 760 p.
11. Torres, S. 2012. *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle de Chira, Piura, Perú* (en línea). Consultado 18 mar. 2018. Disponible en [https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual\\_banano.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf)



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

*Hereditada Internacionalmente*



No.10-2019

Trabajo de Graduación:

“EFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA, PARA LA ACLIMATACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (*MUSSA SPP*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA BANANERA, LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A.”

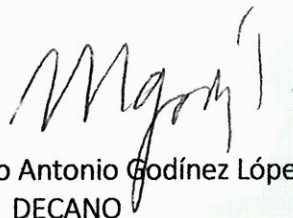
Estudiante:

Jaime Jordán Arriola Vielman

Carné:

201317808

“IMPRÍMASE”



Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López  
DECANO



Ref. SAIEPSA-013.2019

Guatemala, 12 de marzo de 2019

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA, PARA LA ACLIMATACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (*MUSSA SPP*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA BANANERA, LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: JAIME JORDÁN ARRIOLA VIELMAN


No. CARNÉ 201317808


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

“DETERMINACIÓN DEL EFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA DE LA FINCA, PARA LA ACLIMATIZACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (*Musa spp*), LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A”.


LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Victor Hermógenes Castillo  
Dr. Iván Dimitri Santos  
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

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

“Id y Enseñad a Todos”  
  
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes  
Docente – Asesor de EPS



Vo. Bo. Ing. Agr. Silverio A. Elías Gramajo  
Coordinador Área Integrada – EPS







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



REF. Sem. 17/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "DETERMINACIÓN DEL EFECTO QUE PRODUCE LA IMPLEMENTACIÓN DE LIXIVIADOS ORGÁNICOS EN EL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA DE LA FINCA, PARA LA ACLIMATACIÓN DE MERISTEMOS DE BANANO (*Musa spp*), LOS AMATES, IZABAL, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JAIME JORDÁN  
ARRIOLA VIELMAN

CARNE: 201317808

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Hermógenes Castillo  
Dr. Iván Dimitri Santos  
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

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

  
Dr. Iván Dimitri Santos  
A S E S O R

  
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes  
SUPERVISOR- ASESOR

  
Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm  
c.c. Archivo

