



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Proyecto de Investigación previo  
previo a la obtención del título  
de Ingeniero Agropecuario.

**Título del Proyecto de Investigación:**

**“EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS, *Bacillus Spp* Y FÓSFORO EN EL  
DESARROLLO VEGETATIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*) VARIEDAD  
WILLIAMS EN EL CANTÓN VALENCIA PROVINCIA DE LOS RÍOS”.**

**Autor:**

**Carlos Julio Suárez Figueroa**

**Directora del Proyecto de Investigación:**

**Ing. Diana Verónica Véliz Zamora Msc.**

**Valencia – Los Ríos – Ecuador**

**2019**



**Acreditada**

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 -05) 753 300 / 753 303 / 752 177

[E.mail.info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp\_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA  
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

*La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada*

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Suárez Figueroa Carlos Julio**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Suárez Figueroa Carlos Julio**

**C.I. 094218976-2**

**AUTOR**



**Acreditada**

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 -05) 753 300 / 753 303 / 752 177

[E.mail.info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp\_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA  
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

*La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada*

## CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrito, **Ing. Diana Verónica Véliz Zamora**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Suárez Figueroa Carlos Julio**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS, *Bacillus Spp* Y FÓSFORO EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*) VARIEDAD WILLIAMS EN EL CANTÓN VALENCIA PROVINCIA DE LOS RÍOS”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. Diana Véliz Zamora**

**DIRECTORA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

# CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito Ing. Diana Véliz Zamora, en calidad de Directora del Proyecto de Investigación titulado **“EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS, *Bacillus Spp* Y FÓSFORO EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*) VARIEDAD WILLIAMS EN EL CANTÓN VALENCIA PROVINCIA DE LOS RÍOS”**, de autoría del estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, **Suárez Figueroa Carlos Julio**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 7%, el mismo que es permitido por el mencionado Software y los requerimientos académicos establecidos.

URKUND	
Documento	<a href="#">Tesis Carlos Suárez.docx</a> (D48096183)
Presentado	2019-02-19 11:45 (-05:00)
Presentado por	carlos.suarez2013@uteq.edu.ec
Recibido	dvveliz.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión Tesis Urkund <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
	7% de estas 20 páginas, se componen de texto presente en 7 fuentes.

Atentamente,

Ing. Diana Verónica Véliz Zamora

**DIRECTORA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

**“EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS, *Bacillus Spp* Y FÓSFORO EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*) VARIEDAD WILLIAMS EN EL CANTÓN VALENCIA PROVINCIA DE LOS RÍOS”.**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

**Ing. Gerardo Segovia Freire**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**Ing. Wilfrido Escobar Pavón**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**Ing. Jaime Vera Chang**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR**

**2019**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecimiento total a Dios,  
por mover los engranajes del  
universo y ubicar a cada persona  
en el tiempo y espacio correcto.*

## **DEDICATORIA**

*A cada persona que en su momento creyó en mí.*

## RESUMEN

En esta investigación se evaluó el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus* Spp y fósforo en el desarrollo vegetativo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams en el cantón Valencia provincia de Los Ríos. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones. La duración de la investigación fue de 84 días, desde el mes de septiembre a noviembre del 2019. El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza (ANDEVA) y las medias fueron comparadas a través de la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Se evaluaron las variables: altura de planta, circunferencia del pseudotallo y número de hojas, además se realizó un análisis de suelo para determinar el fósforo total, comparando el tratamiento fosforado con el tratamiento testigo. Los tratamientos evaluados fueron: T1 (Testigo), T2 (2 Kg/ha Micorrizas), T3 (0,5 l/ha Bacillus), T4 (2 Kg/ha Micorrizas + 0,5 l/ha Bacillus), T5 (2 Kg/ha Micorrizas + 0,5 l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo (Fosfato Diamónico)). Para las variables altura de planta y circunferencia del pseudotallo, el mejor tratamiento fue el T5 (2 Kg/ha Micorrizas + 0,5 l/ha Bacillus + 50 Kg/ha Fósforo (Fosfato Diamónico)), mientras que para la variable número de hojas no hubo significancia estadística.

**Palabras clave:** banano, hongos micorrízicos, Bacillus, fósforo.

## ABSTRACT

The objective of this investigation is to evaluate the effect of mycorrhizal fungi, *Bacillus* Spp and phosphorus on the vegetative development of banana tree (*Musa paradisiaca*) Williams variety in Valencia province of Los Ríos. A completely randomized design (DCA) was used with five treatments and three repetitions. The duration of the investigation was 84 days, from the month of September to November 2019. The statistical analysis was performed using the ANOVA variance analysis and the means were compared through the Tukey test ( $P \leq 0.05$ ). The evaluated variables were: height of plant, pseudostem circumference and number of leaves, in addition a soil analysis was carried out to determine the total phosphorus, comparing the phosphorus treatment with the control treatment. The treatments evaluated were: T1 (Control), T2 (2 Kg/ha Mycorrhiza), T3 (0.5 l/ha Bacillus), T4 (2 Kg/ha Mycorrhizae + 0.5 l/ha Bacillus), T5 (2 Kg / ha Mycorrhizae) + 0.5 l/ha Bacillus + 50 Kg/ha Phosphorus (Diammonium Phosphate). For the variables height of plant and circumference of the pseudostem, the best treatment was T5 (2 Kg/ha Mycorrhizae + 0.5 l/ha Bacillus + 50 Kg/ha Phosphorus (Diammonium Phosphate), while for the variable number of leaves there was no significance statistics.

**Keywords:** banana tree, mycorrhizal fungi, Bacillus, phosphorus.

## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
CÓDIGO DUBLÍN .....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 Problema de investigación.....	4
1.1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.1.2 Diagnóstico.....	4
1.1.3 Pronóstico.....	4
1.1.4 Formulación del problema.....	5
1.1.5 Sistematización del problema.....	5
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Justificación.....	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
2.1. Marco conceptual.....	8

2.2. Marco referencial.....	9
2.2.1. Banano. ....	9
2.2.1.1 Importancia del cultivo de banano.....	10
2.2.1.2 La producción del banano en el Ecuador.....	11
2.2.1.3 Variedades de banano. ....	12
2.2.1.4 Morfología y taxonomía del banano.....	13
2.2.1.5 Requerimiento meteorológico del banano.....	14
2.2.1.6 Requerimiento nutricional del banano.....	15
2.2.1.7 Escala Zadoks de musáceas.....	15
2.2.2 Hongos micorrízicos arbusculares.....	15
2.2.2.1 Taxonomía de los hongos micorrízicos arbusculares.....	16
2.2.2.2 Clases de micorrizas.....	16
2.2.3 Bacillus Spp.....	17
2.2.3.1 Bacillus subtilis.....	17
2.2.4 Fósforo.....	17
2.2.4.1 Fosfato Diamónico.....	18
CAPÍTULO III.....	20
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.1. Localización.....	21
3.2. Tipo de investigación.....	21
3.3. Métodos de investigación.....	22
3.3.1. Exploratorio.....	22
3.3.2. Analítico.....	22
3.3.3. Descriptivo.....	22
3.4. Fuentes de recopilación de la información.....	22
3.5. Diseño de la investigación.....	23
3.5.1. Modelo matemático.....	23

3.6. Instrumentos de investigación.....	23
3.6.1. Variables a evaluar en la investigación.....	23
3.7. Tratamiento de los datos.....	24
3.8. Recursos humanos y materiales. ....	24
3.8.1. Recursos humanos. ....	24
3.8.2. Recursos materiales. ....	25
3.8.3 Descripción del experimento. ....	25
CAPÍTULO IV .....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
4.1. Resultados y discusión. ....	27
4.1.1 Análisis de la altura de planta ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en centímetros bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo en diferentes intervalos de tiempo.....	27
4.1.2 Análisis de la circunferencia del pseudotallo de la planta ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo en diferentes intervalos de tiempo. ....	29
4.1.3 Análisis del número de hojas de la planta ( <i>Musa paradisiaca</i> ) bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo en diferentes intervalos de tiempo. ....	31
4.1.4 Análisis de la codificación en escala Zadoks correspondiente a la evaluación del número de hojas en plantas de banano ( <i>Musa paradisiaca</i> ), bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo en Valencia 2018. ....	33
4.1.5 Análisis de laboratorio para P-Olsen. ....	33
CAPÍTULO V .....	35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35
5.1 Conclusiones.....	36
5.2 Recomendaciones .....	36
CAPÍTULO VI.....	37
BIBLIOGRAFÍA .....	37
5.1. Referencias bibliográficas .....	38

CAPÍTULO VI.....	38
ANEXOS.....	38

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del banano .....	13
<b>Tabla 2.</b> Condiciones meteorológicas.....	21
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.....	23
<b>Tabla 4.</b> Tratamientos .....	24
<b>Tabla 5.</b> Promedios de la altura de planta de banano( <i>Musa paradisiaca</i> ) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo. Valencia 2018.....	28
<b>Tabla 6.</b> Promedios de la circunferencia del pseudotallo de planta de banano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo. Valencia 2018.....	30
<b>Tabla 7.</b> <i>Promedios de números de hojas de planta de banano (<i>Musa paradisiaca</i>), bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo. Valencia 2018.....</i>	32
<b>Tabla 8.</b> Codificación en escala Zadoks correspondientes a la evaluación del número de hojas en plantas de banano ( <i>Musa paradisiaca</i> ), bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo. Valencia 2018.....	33
<b>Tabla 9.</b> Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 1.....	48
<b>Tabla 10.</b> Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 21.....	48
<b>Tabla 11.</b> Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 42.....	48
<b>Tabla 12.</b> Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 63.....	49
<b>Tabla 13.</b> Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 84.....	49
<b>Tabla 14.</b> Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 1.....	49
<b>Tabla 15.</b> Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 21.....	50
<b>Tabla 16.</b> Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 42.....	50
<b>Tabla 17.</b> Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 63.....	50
<b>Tabla 18.</b> Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 84.....	51
<b>Tabla 19.</b> Análisis de la varianza del número de hojas para el día 1.....	51
<b>Tabla 20.</b> Análisis de la varianza del número de hojas para el día 21.....	51
<b>Tabla 21.</b> Análisis de la varianza del número de hojas para el día 42.....	52
<b>Tabla 22.</b> Análisis de la varianza del número de hojas para el día 63.....	52
<b>Tabla 23.</b> Análisis de la varianza del número de hojas para el día 84.....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Croquis de campo. ....	43
<b>Anexo 2.</b> Imágenes del experimento .....	44
<b>Anexo 3.</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta de banano( <i>Musa paradisiaca</i> ) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo en diferentes intervalos de tiempo. ....	48
<b>Anexo 4.</b> Análisis de varianza para la variable circunferencia del pseudotallo de planta de banano( <i>Musa paradisiaca</i> ) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo en diferentes intervalos de tiempo. ....	49
<b>Anexo 5.</b> Análisis de varianza para la variable número de hojas de planta de banano( <i>Musa paradisiaca</i> ) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus Spp</i> y fósforo en diferentes intervalos de tiempo.....	51
<b>Anexo 6.</b> Resultados de análisis de suelos para P-Olsen del tratamiento testigo y T5. ....	53
<b>Anexo 7.</b> Escala Zadoks para musáceas.....	55

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Sorteó y rotulado de parcelas experimentales.....	44
<b>Ilustración 2.</b> Identificación de cada planta evaluada. ....	44
<b>Ilustración 3.</b> Aplicación de micorrizas y <i>Bacillus</i> .....	45
<b>Ilustración 4.</b> Aplicación de fosfato diamónico .....	45
<b>Ilustración 5.</b> Medición de circunferencia de pseudotallo .....	46
<b>Ilustración 6.</b> Medición de altura de planta.....	46
<b>Ilustración 7.</b> Muestreo de suelo .....	47
<b>Ilustración 8.</b> Empaquetado y etiquetado de muestras de suelo para enviar a laboratorio. ....	47

## CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS, <i>Bacillus</i> Spp Y FÓSFORO EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE BANANO ( <i>Musa paradisiaca</i> ) VARIEDAD WILLIAMS EN EL CANTÓN VALENCIA PROVINCIA DE LOS RÍOS”.			
Autor:	Carlos Julio Suárez Figueroa			
Palabras clave:	banano	Hongos micorrízicos	Bacillus	fósforo
Fecha de publicación:				
Editorial:				
Resumen:	<p>En esta investigación se evaluó el efecto de hongos micorrízicos, <i>Bacillus</i> Spp y fósforo en el desarrollo vegetativo de banano (<i>Musa paradisiaca</i>) variedad Williams en el cantón Valencia provincia de Los Ríos. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones. La duración de la investigación fue de 84 días, desde el mes de septiembre a noviembre del 2019. El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza (ANDEVA) y las medias fueron comparadas a través de la prueba de Tukey (<math>p \leq 0.05</math>). Se evaluaron las variables: altura de planta, circunferencia del pseudotallo y número de hojas, además se realizó un análisis de suelo para determinar el fósforo total, comparando el tratamiento fosforado con el tratamiento testigo. Los tratamientos evaluados fueron: T1 (Testigo), T2 (2 Kg/ha Micorrizas), T3 (0,5 l/ha Bacillus), T4 (2 Kg/ha Micorrizas + 0,5 l/ha Bacillus), T5 (2 Kg/ha Micorrizas + 0,5 l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo (Fosfato Diamónico)). Para las variables altura de planta y circunferencia del pseudotallo, el mejor tratamiento fue el T5 (2 Kg/ha Micorrizas + 0,5 l/ha Bacillus + 50 Kg/ha Fósforo (Fosfato Diamónico)), mientras que para la variable número de hojas no hubo significancia estadística.</p> <p><b>Palabras clave:</b> banano, hongos micorrízicos, <i>Bacillus</i>, fósforo.</p> <p>The objective of this investigation is to evaluate the effect of mycorrhizal fungi, <i>Bacillus</i> Spp and phosphorus on the vegetative</p>			

	<p>development of banana tree (<i>Musa paradisiaca</i>) Williams variety in Valencia province of Los Ríos. A completely randomized design (DCA) was used with five treatments and three repetitions. The duration of the investigation was 84 days, from the month of September to November 2019. The statistical analysis was performed using the ANOVA variance analysis and the means were compared through the Tukey test (<math>P \leq 0.05</math>). The evaluated variables were: height of plant, pseudostem circumference and number of leaves, in addition a soil analysis was carried out to determine the total phosphorus, comparing the phosphorus treatment with the control treatment. The treatments evaluated were: T1 (Control), T2 (2 Kg/ha Mycorrhiza), T3 (0.5 l/ha Bacillus), T4 (2 Kg/ha Mycorrhizae + 0.5 l/ha Bacillus), T5 (2 Kg / ha Mycorrhizae) + 0.5 l/ha Bacillus + 50 Kg/ha Phosphorus (Diammonium Phosphate). For the variables height of plant and circumference of the pseudostem, the best treatment was T5 (2 Kg/ha Mycorrhizae + 0.5 l/ha Bacillus + 50 Kg/ha Phosphorus (Diammonium Phosphate), while for the variable number of leaves there was no significance statistics.</p> <p><b>Keywords:</b> banana tree, mycorrhizal fungi, <i>Bacillus</i>, phosphorus.</p>
Descripción:	Hojas; dimensiones, 29x21 cm + CD-ROM
URI:	

## INTRODUCCIÓN

La variedad Williams por sus características del cultivo, manifiesta una alta producción y la calidad en el fruto que produce, además, su fisonomía presenta a este cultivar como una planta semienana de pseudotallo vigoroso y amplio sistemas radicular que le da mayor resistencia al volcamiento por vientos (1).

En nuestro país unas de las grandes fuentes de ingreso económico es el banano, el consumo per cápita de banano es de 16 kilos al año, posee un alto contenido de carbohidratos y azúcares, lo que lo ubica en la dieta humana e incluso animal. El cultivo de banano ha permitido un desarrollo económico en el país debido a su exportación, de Enero a Marzo del 2018 se han exportado 93,339,146 cajas de banano (2).

Al estar considerado dentro de los cuatro cultivos más importantes, sube su demanda en el extranjero permitiendo así dar fuentes de trabajo al país. En este cultivo son necesarias mayores cantidades de agroquímicos contaminantes del aire, agua y suelo, pérdida de biodiversidad y alteración de ciclos biológicos. Es por esto que surge la gran prioridad de buscar alternativas para mantener sistemas agrícolas sustentables y sostenibles, siendo amigables con el medio ambiente, y protegiendo la salud de los consumidores nacionales y extranjeros.

Los hongos micorrízicos incrementan el sistema radicular, mejoran la absorción de nutrientes, reducen el estrés en la planta, disminuyen el impacto y/o presencia de nematodos en el suelo, entre otros beneficios, por esto, que es objeto de estudio, Por otro lado, el género *Bacillus*, pertenece a la familia *Bacillaceae*, una de las familias bacterianas con mayor actividad bioquímica referenciada en la literatura científica que abarca tanto su utilización dentro de las actuales políticas de control biológico como el uso de los productos de su metabolismo para la industria. Son bacilos aerobios y anaerobios facultativos, Gram positivos, producen endosporas con morfología oval o cilíndrica que le permite resistir condiciones desfavorables en el ambiente, son móviles por la presencia de flagelos laterales, realizan catálisis positiva, presentando hemólisis variable y un crecimiento activo en un rango de pH entre 5,5 – 8,5. La propagación activa del microorganismo se produce en medios que presentan superficie húmeda (3).

El fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y el crecimiento celular. La aplicación de micorrizas es una opción para reducir el impacto de los agroquímicos en el cultivo de banano, por lo tanto, la presente investigación evaluará el uso hongos micorrízicos, *Bacillus* Spp y fosfato diamónico en el desarrollo vegetativo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams en Valencia-Los Ríos.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Problema de investigación**

### **1.1.1 Planteamiento del problema**

El cultivo de banano es uno de los cultivos más importantes de nuestro país, sus ingresos son muy altos, pero de la misma forma sus egresos, especialmente la fertilización es uno de los ítems más caros en este cultivo, pues su aplicación debe ser constante debido a sistema radical corto y necesidad en todas las fases de desarrollo. Además, los insumos agroquímicos que se usan generan cierto grado de problemas colaterales, que perjudican el estado del suelo y la planta a largo plazo.

### **1.1.2 Diagnóstico.**

El uso indiscriminado de fertilizantes edáficos está generando la acidificación de los suelos y con ello la disminución de nutrientes disponibles en la solución del suelo.

Actualmente se usan enraizadores sintéticos en las plantas de banano, generando más gastos económicos y desequilibrio en la zona radicular de la planta.

Una alternativa orgánica que puede ayudar al incremento de población de hongos benéficos de la zona radicular son las micorrizas, por ende, mejorar el desarrollo vegetativo de la planta.

### **1.1.3 Pronóstico.**

La aplicación de hongos micorrízicos, *Bacillus* y DAP reducirá la acidificación edáfica y mejorará la disponibilidad de nutrientes en el suelo, promoviendo así un mejor desarrollo vegetativo de la planta.

Debido al incremento de la zona radicular por efecto de los hongos micorrízicos y *Bacillus* se espera una mejor absorción del fertilizante edáfico fosforado a través de las raíces, adicionalmente quedarán en disponibilidad y podrán ser absorbidas otras sales minerales.

### **1.1.4 Formulación del problema.**

¿Cuál de los cuatro tratamientos generará el mayor crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas de banano?

### **1.1.5 Sistematización del problema.**

¿Permitirá el uso de hongos micorrízicos, *Bacillus* y DAP generar un mayor desarrollo vegetativo en las plantas de banano?

¿Las plantas de banano tendrán una mayor disponibilidad de DAP por la acción de los hongos y bacterias incorporados?

## **1.2 Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Evaluar el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus* Spp y fósforo en el desarrollo vegetativo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams en Valencia-Los Ríos.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Identificar el tratamiento que genere la mayor altura de planta y circunferencia del tallo en las plantas de banano.
- Analizar la cantidad de fósforo en el suelo al finalizar la investigación, realizando una comparación entre el tratamiento fosforado y el testigo.
- Evaluar el número de hojas de las plantas de banano según la Escala Zadoks bajo los distintos tratamientos.

### **1.3 Justificación.**

El cultivo del banano ocupa el cuarto puesto en la lista de alimentos más importantes a nivel mundial, el Ecuador es el mayor exportador de banano en Sudamérica, y uno de los más importantes a nivel mundial, enviando esta fruta a todos los continentes del globo terráqueo. El banano en nuestro país, tiene una gran importancia económica y nutricional, después del arroz, es el alimento más consumido en los hogares de los ecuatorianos. Las plantas de banano que poseen una zona radicular pobre, generalmente tienen una pésima absorción de nutrientes, aunque los mismos estén disponibles en el suelo, lo que genera un desarrollo vegetativo lento y débil, provocando bajos niveles de producción en el futuro. Con el uso de las micorrizas esperamos que la longitud y diámetro de estas raíces aumenten, produciendo así un efecto cascada en la planta, consiguiendo un desarrollo vegetativo mayor con una absorción de nutrientes óptima y un anclaje más profundo. Con los resultados encontrados en esta investigación, se aportará información al sector bananero de la zona de Valencia acerca de una alternativa natural y económica para incrementar el desarrollo vegetativo de la planta, reduciendo los altos gastos generados por agroquímicos, y también el efecto contaminante de los mismos. El uso de micorrizas generará un incremento en la zona radicular, y, por lo tanto, mejorará todo el desarrollo de la planta, reduciendo el estrés de la misma, mejorando la absorción de nutrientes, minimizando los daños ocasionados por patógenos en el suelo.

## **CAPÍTULO II**

# **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual.**

- **Hongos Micorrízicos Arbusculares.**

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son organismos del suelo que viven simbióticamente con la mayoría de plantas. Ellos les aportan beneficios, dándoles ventajas con respecto a las plantas no micorrizadas, como por ejemplo facilitándole a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo, entre otros beneficios (4).

- **Bacillus.**

Los microorganismos del género *Bacillus* son bacilos de gran tamaño (4-10  $\mu\text{m}$ ), grampositivos, aerobios estrictos o anaerobios facultativos encapsulados. Una característica importante es que forman esporas extraordinariamente resistentes a condiciones desfavorables (5).

- **Fósforo (DAP).**

El fosfato diamónico (DAP) es el fertilizante fosfatado más utilizado en el mundo. Está hecho de dos componentes comunes de la industria de los fertilizantes y es popular debido a su contenido de nutrientes relativamente alto y sus excelentes propiedades físicas. El DAP es una excelente fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) para la nutrición de las plantas. Es altamente soluble y por lo tanto se disuelve rápidamente en el suelo para liberar fosfato y amonio disponible para las plantas. Una característica notable del DAP es el pH alcalino que se desarrolla alrededor de los gránulos en disolución (6).

- **Absorción de nutrientes.**

Las plantas normalmente absorben los nutrientes minerales del suelo a través de las raíces. El suelo es un sustrato físico, químico y biológico complejo. Constituye un material heterogéneo compuesto por fases sólidas, líquidas y gaseosas, que interactúan con los elementos minerales. Asociado a la fase sólida hay partículas orgánicas que contienen entre

otros N, P y S. La fase líquida constituye la solución del suelo, que contiene minerales disueltos y sirve como medio de difusión de los iones hacia la raíz (7).

- **Rizosfera.**

La rizosfera es la parte del suelo inmediata a las raíces de las plantas. En esta región se llevan a cabo una serie de reacciones físicas y químicas que afectan a la estructura del suelo y a los organismos que viven en él. Una de las características principales de la rizosfera es la presencia de multitud de productos químicos. La rizosfera provee, por tanto, un complejo y dinámico microambiente, donde rizobacterias y hongos en asociación con las raíces de las plantas, forman comunidades únicas que dependen de las características físico-químicas del suelo. Estas comunidades presentan un potencial considerable tanto en fitoestimulación, como en biocontrol de patógenos de plantas y la detoxificación de compuestos orgánicos nocivos contaminantes del suelo (8).

## **2.2. Marco referencial.**

### **2.2.1. Banano.**

El banano es una planta herbácea perteneciente al género *Musa* y familia de las Musáceas, se originó a través de una serie de mutaciones y cambios genéticos, a partir de especies silvestres no comestibles, *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, de fruto pequeño con numerosas semillas. Para llegar a las mutaciones se producen cambios en los cromosomas que tienen las características hereditarias que dieron origen al banano comestible comercial. Todas las variedades de banano comercial son triploides; mientras que las silvestres son diploides. Los bananos vigorosos poseen sus frutos grandes y carecen de semilla. Debido a que el banano no produce semillas fértiles, se propaga vegetativamente (9).

La planta del banano no es un árbol, sino una hierba perenne de gran tamaño que carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras verticales de hasta 30 cm de diámetro basal que no son leñosos, y alcanzan los 7 m de altura (10).

Las hojas de banana se cuentan entre las más grandes del reino vegetal; son de color verde o amarillo verdoso claro, con los márgenes lisos y las nervaduras pinnadas. Las hojas tienden a romperse espontáneamente a lo largo de las nervaduras, dándoles un aspecto desaliñado. Cada planta tiene normalmente entre 5 y 15 hojas, siendo 10 el mínimo para considerarla madura. Son lisas, tiernas, oblongas, con el ápice trunco y la base redonda o ligeramente cordiforme, verdes por el haz y más claras (10).

El elemento perenne es el rizoma, superficial o subterráneo, a partir de los cuales nacen entre 200 y 500 raíces fibrosas, que pueden alcanzar una profundidad de 1,5 m y cubrir 5 m de superficie. Del rizoma también brotan vástagos o "chupones" que reemplazan al tallo principal después de florecer y morir ésta (10).

Unos 10 a 15 meses después del nacimiento del pseudotallo, cuando éste ya ha dado entre 15 y 25 hojas, nace directamente a partir del rizoma una inflorescencia que emerge del centro de los pseudotallos en posición vertical; semeja un enorme capullo púrpura o violáceo que se afina hacia el extremo distal. Al abrirse, revela una estructura en forma de espiga, sobre cuyo tallo axial se disponen en espiral hileras dobles de flores, agrupadas en racimos de 10 a 20 que están protegidos por brácteas gruesas y carnosas de color purpúreo. El enorme peso de las flores hace que el tallo floral se incline hacia el suelo en poco tiempo; a su vez, el fototropismo de las flores hace que se dirijan en su crecimiento hacia arriba. Dando luego a la formación del cacho de bananas (10).

El fruto, la parte comestible, tiene forma alargada o ligeramente curvada, de 100-200 g de peso. La piel es gruesa, de color amarillo y fácil de pelar, y la pulpa es blanca o amarillenta y carnosa. La pulpa es rica en almidón y su sabor es dulce, intenso y perfumado (10).

### **2.2.1.1 Importancia del cultivo de banano.**

El banano se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo. El banano es un alimento básico y un producto de exportación. Como alimento básico, los bananos, incluidos los plátanos y otros tipos de bananos de cocción, contribuyen a la seguridad alimentaria de millones de personas

en gran parte del mundo en desarrollo y, dada su comercialización en mercados locales, proporcionan ingresos y empleo a las poblaciones rurales (11).

Como producto de exportación, el banano contribuye de forma decisiva a las economías de muchos países de bajos ingresos y con déficit de alimentos, entre los que figuran Ecuador, Honduras, Guatemala, Camerún, Côte d'Ivoire y Filipinas. Es la fruta fresca más exportada del mundo en cuanto a volumen y valor (11).

### **2.2.1.2 La producción del banano en el Ecuador.**

La producción y exportación bananera en el Ecuador surge en el gobierno de Galo Plaza, en el marco de un estado influenciado por un modelo desarrollista, que en términos del economista y político estadounidense Walter Rostow, consistía en promover la modernización de los países del “Tercer Mundo” mediante la inyección de capital, tecnología y experiencia en inversiones productivas, desde el centro hacia la periferia. En ese sentido, la oportunidad comercial que se presentó para el Ecuador, desarrolló el mercado interno y la formación de capitales regionales, pero consolidó la inserción de transnacionales como la “United Fruit” (EE.UU.), consolidado por la concesión de créditos por parte de organismo internacionales exclusivos para la producción agrícola (12).

El Ecuador es el líder mundial de la actividad bananera, siendo este producto fundamental en el desarrollo del país, por eso Ecuador no sólo es el primer exportador con aproximadamente un 30% de la oferta mundial, sino también es el segundo mayor productor de América Latina (13).

En Ecuador, la producción de banano está concentrada en la zona de la costa (Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas y El Oro). (13) Las variedades que el Ecuador oferta incluyen: Cavendish, orito o baby banana, y banano rojo.

### **2.2.1.3 Variedades de banano.**

Las variedades que el Ecuador ofrece al mercado internacional son: Williams, Valery, Cavendish, Orito y Rojo.

- **Williams.**

La variedad Williams por sus características del cultivo, manifiesta una alta producción y la calidad en el fruto que produce, además, su fisonomía presenta a este cultivar como una planta semienana de pseudotallo vigoroso y amplio sistemas radicular que le da mayor resistencia al volcamiento por vientos (1).

- **Valery.**

Fuste vigoroso, alto. Hojas en general en disposición anguladas hacia arriba, permitiendo buena aireación y luminosidad subfoliar. Excelente racimo levemente cónico, permite un gran aprovechamiento de todas las manos. Racimo con un gran número de manos. Número de racimos por año un poco menor a Williams. Variedad rústica un poco más resistente a enfermedades. Variedad que permite una mejora genética más avanzada con un alto grado de ambientación en climas húmedos (14).

- **Cavendish.**

Se desarrolla en numerosas variedades:

- ❖ **Cavendish Enano.**

Porte grande, con las hojas anchas, tolerante al viento y a la sequía y que produce frutos medianos de buena calidad, pero propensos a daños durante el transporte por la delgadez de su cáscara. Tiene la peculiaridad de tener flores masculinas indehiscentes (15).

- ❖ **Grand Naine.**

Porte medio, su pseudotallo tiene un moteado de color pardo, las bananas son de mayor tamaño que el Cavendish Enano, de cáscara más gruesa y sabor menos intenso (15).

#### ❖ Orito.

El banano orito o baby banana cuyo nombre científico es *Musa Acuminata* AA, es una variedad del banano pero más pequeña, su tamaño promedio oscila en entre los 9 a 14 centímetros. Su cultivo se da en zonas tropicales, con niveles medios de 16 humedad, los tipos de suelos pueden ser muy diversos; lo que sí cabe destacar es que esta fruta no es estacional, su producción es ininterrumpida durante todo el año. (16)

#### ❖ Rojo.

El banano rojo es muy apreciado en muchos lugares del mundo por su hermosa coloración y el sabor delicioso con un ligero toque de frambuesa. Su origen es de Ecuador. Se puede decir que está listo para ser consumido cuando su piel adquiere un color rojizo-marrón casi púrpura, se consume principalmente crudo, como postre o en ensaladas de frutas. Adicionalmente tiene un excelente sabor al ser utilizado en pasteles u otras especialidades horneadas. También puede ser consumido frito o asado (17).

### 2.2.1.4 Morfología y taxonomía del banano.

**Tabla 1.** *Clasificación taxonómica del banano*

Reino:	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Musaceae</i>
Género	<i>Musa</i>
Nombre Científico	<i>Musa sp</i>

**Fuente:** (18)

**Elaborado por:** Autor.

La planta de banano es una hierba perenne de gran tamaño. Se la considera una hierba porque sus partes aéreas mueren y caen al suelo cuando termina la estación de cultivo, y es perenne porque de la base de la planta surge un brote llamado hijo, que reemplaza a la planta madre.

El término utilizado para designar a la planta madre, sus hijos y el rizoma subterráneo es mata. Lo que parece ser el tronco es, en realidad, un pseudotallo (19).

Durante la etapa inicial de desarrollo, el banano debe construir el sistema de raíces para los procesos de absorción y las hojas para la asimilación fotosintética; una vez formadas estas estructuras, almacena carbohidratos y otras sustancias en los cormos para la emisión de rebrotes, la floración y el llenado posterior de los frutos. La planta debe formar simultáneamente el área foliar y las raíces necesarias para mantener un balance continuo entre el desarrollo de estos órganos (20).

### **2.2.1.5 Requerimiento meteorológico del banano.**

El banano exige un clima cálido y una constante humedad en el aire, necesita una temperatura media de 26-27 °C, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas. Estas condiciones se cumplen en la latitud 30 a 31° norte o sur y de los 1 a los 2 m de altitud. Son preferibles las llanuras húmedas próximas al mar, resguardadas de los vientos y regables. El crecimiento se detiene a temperaturas inferiores a 18 °C, produciéndose daños a temperaturas menores de 13 °C y mayores de 45 °C (21).

En condiciones tropicales, la luz, no tiene tanto efecto en el desarrollo de la planta como en condiciones subtropicales, aunque al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo se alarga. El desarrollo de los hijuelos también está influenciado por la luz en cantidad e intensidad (21).

La pluviosidad necesaria varía de 120 a 150 mm de precipitaciones mensuales o 44 mm semanales. La carencia de agua en cualquier momento puede causar la reducción en el número y tamaño de los frutos y en el rendimiento final de la cosecha. Los efectos del viento pueden variar, desde provocar una transpiración anormal debido a la reapertura de los estomas hasta la laceración de la lámina foliar, siendo el daño más generalizado, provocando unas pérdidas en el rendimiento de hasta un 20%. Los vientos muy fuertes rompen los peciolos de las hojas, quiebran los pseudotallos o arrancan las plantas enteras (21).

### **2.2.1.6 Requerimiento nutricional del banano.**

El uso eficiente de nutrientes es un aspecto de gran relevancia debido al incremento en los costos de los fertilizantes y la continua preocupación por el impacto ambiental asociada con el uso inapropiado de nutrientes. En banano es necesario incrementar el rendimiento y la eficiencia de la producción para lograr satisfacer la demanda de fruta de calidad. Para lograr esto, es necesario desarrollar estrategias que produzcan rendimientos más altos, pero que a su vez integren la conciencia ambiental y la rentabilidad del cultivo (22).

Una tonelada de banano extrae del suelo 8Kg de N, 1.5 Kg de P y 25 Kg de K. La extracción no debe ser utilizada para definir los requerimientos nutricionales. No toma en cuenta la absorción total y demás parámetros. Es por este motivo que la extracción es sólo un componente del plan de fertilización (23).

### **2.2.1.7 Escala Zadoks de musáceas.**

La escala Zadoks es un sistema de codificación usado para determinar los diferentes estados fenológicos de las plantas.

### **2.2.2 Hongos micorrízicos arbusculares.**

Los HMA son simbioses obligados ya que para completar su ciclo de vida deben estar asociados con raíces vivas que las provean de carbono, así como de los factores necesarios para su desarrollo y esporulación. Dentro de la corteza de la raíz y expandiéndose hacia el suelo, los HMA forman estructuras con distintas funciones simbióticas (24).

También es importante notar que el HMA permite a la planta usar de manera más eficiente los nutrientes del suelo, razón por la cual se pueden reducir los problemas de contaminación del este por el exceso de fertilizantes químicos, si hay una reducción en la aplicación de los mismos (25).

### **2.2.2.1 Taxonomía de los hongos micorrízicos arbusculares.**

Esporas formadas blásticamente sobre una hifa de sostén, solitarias, en agregados laxos o en esporocarpos. Vesículas de pared delgada y elipsoides. Hifas intrarradicales raramente enrolladas, conectada a una hifa ramificada. La micorriza se tiñe muy oscura. Arbúsculos con troncos aplanados o cilíndricos adelgazándose sucesivamente en las ramificaciones (26).

Esporas con la pared esporal formada por un número variable de capas todas originadas a partir de la hifa de sostén. No se observan paredes germinales diferenciadas. Germinación a través del lumen de la hifa de sostén o a través de la pared de la spora (26).

### **2.2.2.2 Clases de micorrizas**

Para los suelos agrícolas existen dos clases de micorrizas muy importantes las ectomicorrizas y las endomicorrizas. Coyne (2000) menciona que las endomicorrizas se dividen en diversos tipos entre los cuales se pueden mencionar: Eriáceo tiene características tanto de endomicorrizas al igual que de ectomicorrizas, mientras que orquideáceo son infectadas por basidiomicetos y las micorrizas vesículas arbusculares. La simbiosis que establecen las ectomicorrizas son uniones de beneficio mutuo entre los hongos y las raíces de plantas vasculares y no vasculares (27).

La endomicorrizas más frecuentes, se encuentran aproximadamente en el 80% de las plantas vasculares. Las estructuras de este tipo de micorrizas (hifas) penetran las células del córtex de la raíz sin romper el plasmalema o el tonoplasto. Estas dan lugar a la formación de estructuras dendroides llamadas arbúsculos o protuberancias denominadas vesículas, que quedan revestidas por la membrana plasmática. Las endomicorrizas se suelen llamar micorrizas V/A por la formación de estas estructuras. El hongo nunca penetra la endodermis, ni la estela, ni el meristemo apical, ni la caliptra. Las hifas se extienden por fuera de la raíz, lo que incrementa la cantidad de nutrientes absorbidos. El intercambio entre hongo y hospedante tiene lugar en los arbúsculos que se llenan de gránulos de fosfatos (27).

### **2.2.3 *Bacillus Spp.***

El género *Bacillus* pertenece a la familia Bacillaceae, es un género que hoy en día incluye más de 60 especies de bacilos. Este género está formado por microorganismos bacilares Gram positivos, formadores de endosporas, quimiheterotrofos que normalmente son móviles y rodeados de flagelos periticos. Son anaerobios o aerobios facultativos son catalasa positivos. Las células bacterianas de este género tienen un amplio tamaño que varía 0,5 a 2,5  $\mu\text{m}$  x 1,2-10  $\mu\text{m}$ . Este género se encuentra comúnmente en suelos y plantas donde tienen un papel importante en ciclo del carbono y el nitrógeno. Son habitantes comunes de aguas frescas y estancadas, son particularmente activos en sedimentos (28).

#### **2.2.3.1 *Bacillus subtilis.***

Es una bacteria Gram positiva, produce endóspora las que son termorresistentes y también resiste factores físicos perjudiciales como la desecación la radiación los ácidos y los desinfectantes químicos, produce enzimas hidrofílicas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuente de carbono y electrones, producen hidrofílicas antibióticos como la bacitricina, polimixina, gramicidina y circulina, fermentan la caseína y el almidón, vive dentro de los límites de 55 a 70°C. Es un gran controlador biológico, *Bacillus subtilis* promueve el desarrollo de las plantas y previene las enfermedades del suelo causadas por *Sclerotium rolfii*, *Fusarium spp.*, *Verticillium spp*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium spp*, y el nematodo nodulador de raíces (*Meloidogyne spp*) y *Rhizoctonia solani*, agente causal de la enfermedad denominada “mal del tallito” del aldonero (28).

### **2.2.4 Fósforo.**

El fósforo (P) se considera un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de los vegetales, siendo considerado uno de los macronutrientes más importantes. Las deficiencias de P en las plantas se relacionan con su rol en la transferencia y almacenaje de energía. Los cultivos que presentan deficiencias de P muestran un crecimiento inicial menor (29).

La principal entrada de P al agro-ecosistema está dada por la adición de fertilizantes o enmiendas. Los fertilizantes fosfatados, al ser aplicados al suelo, se disuelven en presencia de agua. Las reacciones que ocurren alrededor del fertilizante con constituyentes del suelo y con compuestos del fertilizante disminuyen la concentración de P de la solución, dando fosfatos menos solubles. El fenómeno involucrado es la fijación, sorción o retención de P y comprende procesos de adsorción, precipitación e inmovilización biológica. Estos procesos son los responsables de que sólo entre 10 y 30% del fósforo aplicado al suelo como fertilizante sea absorbido por las plantas durante la primera estación de crecimiento o ciclo agrícola, permaneciendo el resto como productos de la reacción fertilizantes – suelo, y quedando potencialmente disponible para los próximos cultivos, declinando la respuesta a este fosfato residual en los años siguientes (29).

#### **2.2.4.1 Fosfato Diamónico.**

El fosfato diamónico (DAP) es el fertilizante fosfatado más utilizado en el mundo. Está hecho de dos componentes comunes de la industria de los fertilizantes y es popular debido a su contenido de nutrientes relativamente alto y sus excelentes propiedades físicas (30).

Los fertilizantes de fosfato de amonio estuvieron disponibles por primera vez en la década de 1960 y el DAP se convirtió rápidamente en el más popular dentro de esta clase de productos. Está formulado a base de una reacción controlada de ácido fosfórico con amoníaco, donde la mezcla caliente se enfría, se granula, y luego se tamiza. El DAP tiene excelentes propiedades de manejo y almacenamiento. El grado estándar del DAP es 18-46-0 y productos fertilizantes con menor contenido de nutrientes no pueden ser etiquetados como DAP (30).

La cantidad de insumos necesarios para producir una tonelada de fertilizante DAP es de aproximadamente 1.5 a 2 toneladas de roca fosfórica, 0.4 toneladas de azufre (S) para disolver la roca, y 0.2 toneladas de amoníaco. Cambios en la oferta o el precio de cualquiera de estos insumos tendrán un impacto en los precios y disponibilidad del DAP. El alto contenido de nutrientes del DAP es de gran ayuda en la reducción de los costos de manipuleo, transporte y aplicación. El DAP se produce en muchos lugares del mundo y es un producto fertilizante ampliamente comercializado (30).

El DAP es una excelente fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) para la nutrición de las plantas. Es altamente soluble y por lo tanto se disuelve rápidamente en el suelo para liberar fosfato y amonio disponible para las plantas. Una característica notable del DAP es el pH alcalino que se desarrolla alrededor de los gránulos en disolución. Como la disolución de gránulos del DAP libera amonio, el amoníaco volátil puede ser dañino para las plántulas y raíces de plantas cercanas. Este daño potencial es más común cuando el pH del suelo es superior a 7, una condición que comúnmente existe alrededor del gránulo del DAP en disolución. Para evitar la posibilidad de dañar las plántulas, se debe tener cuidado evitando colocar grandes cantidades del DAP concentrado cerca de la zona de germinación. El amonio presente en el DAP es una excelente fuente de N que es convertido gradualmente en nitrato por las bacterias del suelo, resultando en una disminución ulterior del pH. Por lo tanto, el aumento en el pH del suelo alrededor de los gránulos del DAP es un efecto temporal. Este aumento inicial del pH alrededor del DAP puede influir en las reacciones del micro-sitio entre fosfatos y la materia orgánica del suelo (30).

Existen diferencias en la reacción química inicial en el suelo entre los diversos fertilizantes fosfatados comerciales, pero estas diferencias disminuyen con el tiempo (en un lapso de semanas o meses) y son mínimas en cuanto a nutrición de las plantas se refiere. La mayoría de las comparaciones de campo entre DAP y fosfato monoamónico (MAP) muestran diferencias menores o no presentan diferencias en el crecimiento de las plantas y los rendimientos debidas a la fuente de P si el manejo es el adecuado (30).

El DAP es utilizado en muchas aplicaciones como retardante del fuego. Por ejemplo, una mezcla de DAP y otros ingredientes se puede arrojar con anticipación al avance del fuego para evitar que arda un bosque. Con posterioridad se convierte en una fuente de nutrientes después de que el peligro de incendio haya pasado. El DAP se utiliza en varios procesos industriales, tales como la terminación de metales. Normalmente se agrega al vino para mantener la fermentación de las levaduras y a los quesos para mantener las cepas queseras (30).

**CAPÍTULO III**  
**MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización.

La presente investigación se realizó en la Hacienda “Doménica” propiedad del Ing. Jorge Luis Quintana, ubicada en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos. Su ubicación geográfica corresponde a 0°57'03" de latitud Sur y 79°19'26" de longitud Oeste, localizada en una zona ecológica clasificada como bosque húmedo tropical a una altura de 132 msnm.

**Tabla 2.** *Condiciones meteorológicas*

<b>Detalle</b>	
Altitud:	132 msnm
Precipitación Promedio	2510 mm
Temperatura Media Anual:	24,10 °C
Longitud Occidental:	79° 19' 26''
Latitud Sur:	0° 57' 03
Humedad Relativa:	87,7 %

**Fuente:** INAMHI

### 3.2. Tipo de investigación.

Desarrollo y manejo de variedades e híbridos en cultivo de interés estratégico, perteneciente a la Línea 3 del área agrícola.

Esta investigación fue realizada con fines experimentales, para obtener datos mediante la evaluación de las variables y objetivos planteados, haciendo uso de un diseño experimental para determinar el comportamiento que tienen los tratamientos por el estímulo causado en ellos.

Se requirió observar el desarrollo vegetativo de la planta de banano haciendo uso de micorrizas, *Bacillus* y DAP para obtener la información necesaria, para determinar el desarrollo y apoyar el uso de esta tecnología.

### **3.3. Métodos de investigación.**

#### **3.3.1. Exploratorio.**

Este método aplicado en la investigación nos permitió saber la dosis correcta para obtener un mayor desarrollo vegetativo del cultivo de banano.

#### **3.3.2. Analítico.**

El uso de este método nos ayudó a plasmar y argumentar la elaboración del documento de la investigación realizada, además de poder estructurar el proceso de la elaboración de esta, utilizado para su entendimiento, y el análisis de datos obtenidos.

#### **3.3.3. Descriptivo.**

Este también es conocido como investigación estadística en donde se describen los datos obtenidos por la toma de las variables de forma ordenada, para hacer uso de un software estadístico (Infostat), el cual nos ayudó a realizar la tabulación de los datos y obtener los resultados de los tratamientos por variable aplicada.

### **3.4. Fuentes de recopilación de la información.**

La recopilación de la información para la elaboración y realización de la presente investigación se usó de fuentes primarias y secundarias:

#### **3.4.1. Fuente primaria.**

- Observación directa de campo mediante del desarrollo de los acodos aéreos.

#### **3.4.2. Fuente secundaria.**

- Revisión bibliográfica
- Libros
- Boletines informativos
- Internet

### 3.5. Diseño de la investigación.

La investigación se realizó con un Diseño Completamente al azar (DCA), con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Para determinar diferencias entre medias se empleó la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 3.** *Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.*

<b>Fuente de Variación</b>		<b>Grados de Libertad</b>
Tratamientos	t-1	4
Error experimental.	(t) (r-1)	15
<b>Total</b>	<b>(t x r)-1</b>	<b>19</b>

Elaborado por: Autor

#### 3.5.1. Modelo matemático.

$$y_{ijk} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$y_{ij}$  = Variable de respuesta variable dependiente

$\mu$  = Media o promedio

$T_i$  = Efecto del tratamiento

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental

### 3.6. Instrumentos de investigación.

Como instrumentos de investigación para resolver la formulación y sistematización del problema se analizó el efecto de las variables independientes y dependientes.

#### 3.6.1. Variables a evaluar en la investigación.

##### 3.6.1.1. Altura de la Planta (cm).

Esta variable se registró cada 21 días después de la aplicación, durante 84 días. Para esto se utilizó la cinta métrica, midiendo desde el suelo hasta la última hoja completamente abierta.

### 3.6.1.2. Circunferencia del pseudotallo (cm).

Esta variable se registró cada 21 días después de la aplicación, durante 84 días. Para esto se hizo uso de la cinta métrica, siempre a 40 cm de altura desde el suelo.

### 3.6.1.3. Número de hojas.

Esta variable se tomó cada 21 días después de la aplicación, se realizaba contando el número de hojas existentes en la planta. También se evaluó el número de hojas mediante la escala Zadoks para musáceas, desde el código 1050 hasta el código 1092, ver anexos.

## 3.7. Tratamiento de los datos.

**Tabla 4.** *Tratamientos*

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5
	Testigo	2 Kg/ha Micorrizas	0,5l/ha Bacillus	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus +  50Kg/ha Fósforo (Fosfato Diamónico)

Elaborado por: Autor

## 3.8. Recursos humanos y materiales.

### 3.8.1. Recursos humanos.

Contribución de talentos humanos como el Director del Proyecto de Investigación Ing. Diana Véliz y el Autor del Proyecto de Investigación Suárez Figueroa Carlos Julio. Los materiales y equipos que se utilizarán en la investigación:

### **3.8.2. Recursos materiales.**

#### **Materia Prima:**

- Banano Williams.
- Micorrizas
- Bacillus
- DAP

#### **Materiales:**

- Libreta de Campo
- Bolígrafo
- Cinta Métrica
- Botas
- Gorra

#### **Equipos:**

- Computadora
- Cámara Fotográfica
- Teléfono Móvil
- Medidor de pH
- Balanza Analítica

### **3.8.3 Descripción del experimento.**

El experimento se lo realizó en un terreno de 375 m<sup>2</sup>, dividido en 15 parcelas de 5 m de largo por 5 m de ancho, dentro de cada parcela existieron 10 unidades experimentales, las cuales proporcionaron datos de manera individual, y estaban ubicadas a una distancia 2 m una de la otra.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados y discusión.

### 4.1.1 Análisis de la altura de planta (*Musa paradisiaca*) en centímetros bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo en diferentes intervalos de tiempo.

Los resultados obtenidos en el primer día indican que no presentó diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ) al medir la variable altura de planta en banano Williams con un promedio de 113,46 cm y con coeficiente de variación 11,5%, al igual que en el día 21 no se registró significancia estadística con promedio de 142,51 cm y coeficiente de variación de 8,79%, bajo el efecto de los tratamientos evaluados, ver tabla 5.

El análisis de la varianza para la variable altura a los 42 días muestra significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ), según la prueba de Tukey el tratamiento que presentó mayor altura de planta fue el T5 (2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo) con 180,40 cm; mientras que el T1 (Testigo) fue el tratamiento de menor altura con 156,10 cm, con coeficiente de variación de 4,68% y promedio general de 167,69 cm.

Según la prueba de Tukey al tomar la altura a los 63 días se obtiene diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), siendo el T5 (2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo) el tratamiento que destacó entre los demás; señalando un promedio de 206,20 cm y un coeficiente de variación de 2,90 %, mientras que el T1 fue el tratamiento con menor altura con 172,40 cm. Esta variable obtuvo un promedio general de 185,81 cm y un coeficiente de variación de 2,9%.

Esta variable a los 84 días señaló diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ); el tratamiento que presentó mayor altura fue el T5 (2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo) con 228,43 cm; mientras que el T1 (Testigo) fue el tratamiento de menor altura con 196,53 cm. Esta variable obtuvo un coeficiente de variación de 4,16% y un promedio general de 208,59 cm. Ver tabla 5.

Vivas *et al.* (31), al evaluar la influencia de la inoculación de cormos en Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en camas enraizadoras con dos sustratos en la obtención de plántulas de plátano barraganete, demostraron que el uso de HMA y los tipos de sustratos tuvieron influencia en la altura de las plántulas de plátano barraganete, concordando con los resultados reportados en ésta investigación.

El uso de hongos micorrízicos en esta investigación incrementó la altura de las plantas de banano al igual que Luna *et al.* (32) , quienes evaluaron la interacción entre hongos micorrizógenos y su efecto en el desarrollo de plantas de ají, mostrando un efecto positivo de desarrollo con el uso de hongos micorrizogénicos.

Conrado, al evaluar el efecto combinado de micorrizas y la nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano durante la fase de aclimatación (27), Indica que los métodos de inoculación de micorrizas, el testigo sin aplicación, ni la interacción de ésta con los niveles de MESZ®, lograron influir de forma significativa sobre la altura de las plantas de banano sometidas a estudio. (27) Difiriendo de los resultados obtenidos en esta investigación demostrando que el uso de micorrizas, Bacillus y fósforo, influyeron de forma significativa sobre la altura de las plantas.

Rosado, al Evaluar el comportamiento agronómico de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo vegetativo del cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) (33), menciona que el uso de hongos micorrízicos incide en una mayor altura de la planta de banano; mientras que el testigo tuvo un desarrollo lento, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación.

**Tabla 5.** Promedios de la altura de planta de banano (*Musa paradisiaca*) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, Bacillus Spp y fósforo. Valencia 2018.

		<b>Día 1</b>		<b>Día 21</b>		<b>Día 42</b>		<b>Día 63</b>		<b>Día 84</b>	
<b>T1</b>	Testigo	106,67	a	127,80	a	156,10	b	172,40	b	196,53	b
<b>T2</b>	2 Kg/ha Micorrizas	112,93	a	146,17	a	168,10	ab	183,43	b	202,97	b
<b>T3</b>	0,5l/ha Bacillus	109,63	a	140,00	a	165,67	ab	180,23	b	200,20	b
<b>T4</b>	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus	120,47	a	151,40	a	168,17	ab	186,80	b	214,83	ab
<b>T5</b>	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo	118,43	a	147,17	a	180,40	a	206,20	a	228,43	a
	$\bar{x}$	113,63		142,51		167,69		185,81		208,59	
	cv (%)	11,45		8,79		4,68		2,90		4,16	
	<b>p&gt;0,05</b>	ns		ns		*		*		*	

T: Tratamiento

\*: Significativo

ns: No Significativo

Letras en sentido vertical similares no representan significancia estadística.

**Elaborado por:** Autor.

#### **4.1.2 Análisis de la circunferencia del pseudotallo de la planta (*Musa paradisiaca*) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus* Spp y fósforo en diferentes intervalos de tiempo.**

Como se muestra en el análisis de la varianza, la variable circunferencia del pseudotallo de planta en banano Williams en el primer día, no registró diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ), la variable denotó un promedio general de 27,05 cm y un coeficiente de variación de 8,79 %, al igual que en el día 21 no se registró significancia estadística con un promedio general de 31,77 cm y un coeficiente de variación de 10,47%, ver tabla 6.

Según el análisis de varianza final no existió diferencia estadística ( $p \geq 0.05$ ) a los 42 días para la variable circunferencia del pseudotallo en plantas de banano Williams, señalando un coeficiente de variación de 7,93 % y un promedio general de 39,61 cm.

En esta variable a los 63 días se pudo observar que al medir la circunferencia del pseudotallo de planta de banano Williams presentó significancia estadística según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos, con una media general de 44,94 cm y el coeficiente de variación fue de 7,36%. El T5 (2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo) presentó el mayor promedio con 50,93 cm, el T3 (0,5l/ha Bacillus) alcanzó el menor promedio con 41,23 cm.

Esta variable a los 84 días señaló diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) en plantas de banano Williams; el tratamiento que presentó mayor promedio fue el T5 (2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo) con 58 cm; mientras que el T3 (0,5l/ha Bacillus) fue el tratamiento de menor promedio con 47,07 cm. Esta variable obtuvo un coeficiente de variación de 6,77% y un promedio general de 50,74 cm, ver tabla 6.

Los resultados obtenidos en la circunferencia del pseudotallo coinciden con los reportados por Vivas *et al.* (31), quienes indican que el uso de Hongos Micorrízicos Arbusculares tuvo influencia en la variable morfológica diámetro de pseudotallo mostrando diferencias significativas entre tratamientos.

El uso de micorrizas en plantas de banano tiene un efecto positivo en su desarrollo a diferencia de Conrado que obtuvo mayor diámetro de pseudotallo con el uso de fertilizante convencional MESZ al Evaluar el efecto combinado de micorrizas y la nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano durante la fase de aclimatación. (27)

Ruiz *et al.* (34), *al* evaluar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio en presencia o no de una cepa eficiente de micorrizas, sobre el crecimiento y rendimiento del banano, mostraron incrementos significativos sobre el perímetro del pseudotallo cuando se combinan dosis óptimas de fertilizantes minerales con una cepa eficiente de micorrizas, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación.

En esta investigación se muestra diferencias significativas en el perímetro del pseudotallo al igual que Durango *et al.* (35), quienes observaron que las enmiendas orgánicas, incrementaron la actividad de respiración microbiana y estimularon el desarrollo agronómico de la planta de banano sobre el perímetro del pseudotallo.

**Tabla 6.** Promedios de la circunferencia del pseudotallo de planta de banano (*Musa paradisiaca*) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo. Valencia 2018.

		<b>Día 1</b>		<b>Día 21</b>		<b>Día 42</b>		<b>Día 63</b>		<b>Día 84</b>	
<b>T1</b>	Testigo	27,70	a	32,47	a	39,23	a	44,03	ab	49,50	ab
<b>T2</b>	2 Kg/ha Micorrizas	26,10	a	31,07	a	38,33	a	43,47	ab	49,50	ab
<b>T3</b>	0,5l/ha Bacillus	25,87	a	29,17	a	36,53	a	41,23	b	47,07	b
<b>T4</b>	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus	28,10	a	33,37	a	40,30	a	45,03	ab	49,63	ab
<b>T5</b>	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo	27,47	a	32,77	a	43,67	a	50,93	a	58,00	a
	$\bar{x}$	<b>27,05</b>		<b>31,77</b>		<b>39,61</b>		<b>44,94</b>		<b>50,74</b>	
	cv (%)	8,79		10,47		7,93		7,36		6,77	
	<b>p&gt;0,05</b>	ns		ns		ns		*		*	

T: Tratamiento

\*: Significativo

ns: No Significativo

Letras en sentido vertical similares no representan significancia estadística.

**Elaborado por:** Autor.

#### **4.1.3 Análisis del número de hojas de la planta (*Musa paradisiaca*) bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo en diferentes intervalos de tiempo.**

Como se muestra en el análisis de la varianza, la variable número de hojas en la planta de banano Williams en el primer día, no existió significancia estadística según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ), indicando que la variable obtiene un promedio general de 5,4 y su coeficiente de variación es de 8,79 %, de igual forma, no se encontró significancia estadística en el día 21 de esta investigación, obteniendo un coeficiente de variación de 10,47% y un promedio general de 6,4. Ver tabla 7.

Según los datos obtenidos en el análisis de la varianza a los 42 días, en la variable número de hojas en plantan de banano Williams, no se encontró significancia estadística según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ), la variable denotó un promedio general de 7 y un coeficiente de variación de 7,93 % (Tabla 8), así mismo, a los 63 días de esta investigación no se encontró una diferencia estadística entre los tratamientos, obteniendo en este intervalo de tiempo un promedio general de 7,8 y un coeficiente de variación de 7,36%.

En el análisis de varianza no existió diferencia estadística según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ) en la variable número de hojas en plantas de banano Williams a los 84 días, señalando un coeficiente de variación de 6,77 % y un promedio general de 8,7, ver tabla 7.

Al Evaluar el efecto combinado de micorrizas y la nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano durante la fase de aclimatación. (27), en los resultados obtenidos por Conrado no demostró diferencia estadística entre tratamientos, concordando con los resultados de esta investigación.

Villada *et al.* (36), al determinar el desarrollo del cultivo de banano variedad Cavendish bajo dos tratamientos de aireación de suelo y aporte de materia orgánica indican que para la variable número de hojas funcionales no existió diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, estos valores se encuentran entre los promedios obtenidos en este estudio.

Ramos *et al.* (37), al evaluar la respuesta del plátano clon Cuerno Rosado a la aplicación conjunta del abono orgánico tipo Bocashi y fertilizante mineral, en la etapa de vivero del cultivo, muestran que la variable número de hojas presentó diferencias estadísticas entre

tratamientos obteniendo mayor número de hojas con el uso de bocashi+fertilizante mineral, evidenciando que la nutrición organo-mineral en el cultivo del plátano permite obtener plántulas que reúnen la calidad adecuada para el trasplante, a diferencia de los resultados obtenidos en esta investigación.

Lucas (38), al evaluar los efectos de la asociación Micorrizas más *Trichoderma* sobre el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao*), presentó diferencia estadística entre tratamientos demostrando que las plantas inoculadas con biofertilizantes, incrementan el desarrollo de plantas de cacao manejadas en vivero, discrepando con los resultados obtenidos en este estudio.

**Tabla 7.** Promedios de números de hojas de planta de banano (*Musa paradisiaca*), bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo. Valencia 2018.

		Día 1		Día 21		Día 42		Día 63		Día 84	
<b>T1</b>	Testigo	5,6	a	6,8	a	7	a	7,6	a	8,6	a
<b>T2</b>	2 Kg/ha Micorrizas	5,2	a	6,2	a	6,8	a	7,6	a	8,2	a
<b>T3</b>	0,5l/ha Bacillus	5	a	6,4	a	6,8	a	7,4	a	8,6	a
<b>T4</b>	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus	5,4	a	6,4	a	7	a	7,8	a	8,8	a
<b>T5</b>	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo	5,4	a	6,6	a	7,2	a	8,4	a	9,2	a
	$\bar{x}$	<b>5,4</b>		<b>6,4</b>		<b>7</b>		<b>7,8</b>		<b>8,7</b>	
	cv	8,79		10,47		7,93		7,36		6,77	
	<b>p&gt;0,05</b>	ns		ns		ns		ns		ns	

T: Tratamiento

\*: Significativo

ns: No Significativo

Letras en sentido vertical similares no representan significancia estadística.

**Elaborado por:** Autor.

#### 4.1.4 Análisis de la codificación en escala Zadoks correspondiente a la evaluación del número de hojas en plantas de banano (*Musa paradisiaca*), bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo en Valencia 2018.

Para el día 1, el tratamiento que obtuvo mayor codificación Zadoks fue el T1 (testigo), con un código 1056 (5 hojas completamente abiertas y hojas más joven en estado 6 de candela), así mismo, en el día 21 el tratamiento que obtuvo mayor codificación fue el T1 (testigo, con un código 1068 (6 hojas completamente abiertas y hojas más joven en estado 8 de candela), ver tabla 8.

En el día 42, la codificación Zadoks más alta fue para el T5 (2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha *Bacillus* + 50Kg/ha Fósforo), con un código 1072 (7 hojas completamente abiertas y hojas más joven en estado 2 de candela), de igual manera, este tratamiento fue el que obtuvo mayor codificación para el día 63, con un código 1084 (8 hojas completamente abiertas y hojas más joven en estado 4 de candela).

La codificación Zadoks más alta para el día 84 la encontramos en el T5 (2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha *Bacillus* + 50Kg/ha Fósforo), con un código 1092 (9 hojas completamente abiertas y hojas más joven en estado 2 de candela), ver tabla 8.

**Tabla 8.** Codificación en escala Zadoks correspondientes a la evaluación del número de hojas en plantas de banano (*Musa paradisiaca*), bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo. Valencia 2018.

		Día 1	Día 21	Día 42	Día 63	Día 84
<b>T1</b>	Testigo	1056	1068	1070	1076	1086
<b>T2</b>	2 Kg/ha Micorrizas	1052	1062	1068	1076	1082
<b>T3</b>	0,5l/ha <i>Bacillus</i>	1050	1064	1068	1074	1086
<b>T4</b>	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha <i>Bacillus</i>	1054	1064	1070	1078	1088
<b>T5</b>	2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha <i>Bacillus</i> + 50Kg/ha Fósforo	1054	1066	1072	1084	1092

**Elaborado por:** Autor.

#### 4.1.5 Análisis de laboratorio para P-Olsen.

Según los resultados obtenidos en el análisis de suelo para el valor de fósforo total, realizado en el laboratorio AGROBIOLAB CLÍNICA AGRÍCOLA, ubicados en Quito - Ecuador, se encontró que el T1 (Testigo) tiene más fósforo total en el suelo que el T5 (2Kg/ha Micorrizas

+ 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo), reflejando valores de 10,40 ppm de fósforo en el suelo para el T1, y 6,50 ppm para el T5, ver anexo 6.

Barzola y Villalba (39) al realizar el estudio comparativo de un componente de nutrición en el cultivo de banano (*Musa paradisíaca* L.) variedad Cavendish, determinaron que el tratamiento fosforado alcanzó mayores niveles de crecimiento en comparación al tratamiento testigo, concordando con los análisis de suelo de esta investigación.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1 Conclusiones**

El tratamiento con 2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo, fue el que generó un mayor crecimiento en las plantas de banano Williams, tanto en la altura de planta, como en la circunferencia del pseudotallo.

En los análisis de suelo realizados, se puede concluir que el tratamiento Testigo fue el que al final del experimento alcanzó mayor cantidad de fósforo total en el suelo.

Según la escala Zadocks, el tratamiento con 2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha Fósforo para los días 42, 63 y 84 de evaluación, reflejó valores más altos en la escala en comparación.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda la aplicación de Micorrizas, Bacillus y Fósforo en la mejora de la nutrición del cultivo de banano, siendo la dosis con mayores resultados agronómicos 2Kg/ha Micorrizas + 0,5l/ha Bacillus + 50Kg/ha.

Realizar investigaciones con hongos micorrízicos, *Bacillus* Spp y fósforo en plantas de banano, con períodos de tiempo desde la siembra hasta la cosecha incluyendo análisis microbiológicos en muestras de suelo.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 5.1. Referencias bibliográficas

1. Sierra L. El cultivo del banano : producción y comercio. Primera ed. Medellín: Gráficas Olímpica; 1993.
2. Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador. AEBE. [Online].; 2018 [cited 2018 Junio 28. Available from: [http://www.aebe.com.ec/wp-content/uploads/2018/06/AE\\_EstadisticasPublicas\\_Mar18.pdf](http://www.aebe.com.ec/wp-content/uploads/2018/06/AE_EstadisticasPublicas_Mar18.pdf).
3. Peñaherrera S. Combinacion de agentes biologicos para el control de enfermedades del fruto de cacao (Theobroma cacao L.). Tesis de Grado. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2013.
4. Barrer S. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. 2009; 7(1).
5. Bartram J. Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health. Londres.; 2003.
6. International Plant Nutrition Institute. Fuentes de nutrientes específicos. 2017;(17).
7. Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud. [Online]. [cited 2018 Junio 28. Available from: <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/fisiologiageneral/images/sampledata/parks/pdf/Unidad%20III-NutricionMineral.pdf>.
8. Martín M, Martínez-Granero F, Rivilla. R. Colonización de la rizosfera por pseudomonas. 2014.
9. SICA. El cultivo del banano. [Online].; 2015. Available from: [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles\\_productos/banano.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_productos/banano.pdf).
- 10 Albán D. Obtención de aceite lubricante a partir de residuos de banano. Tesis de grado. . Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2014.

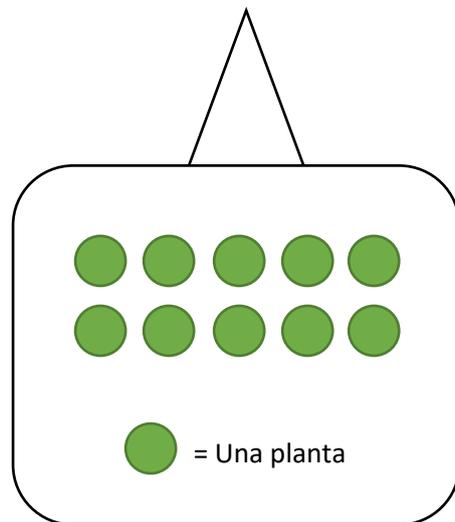
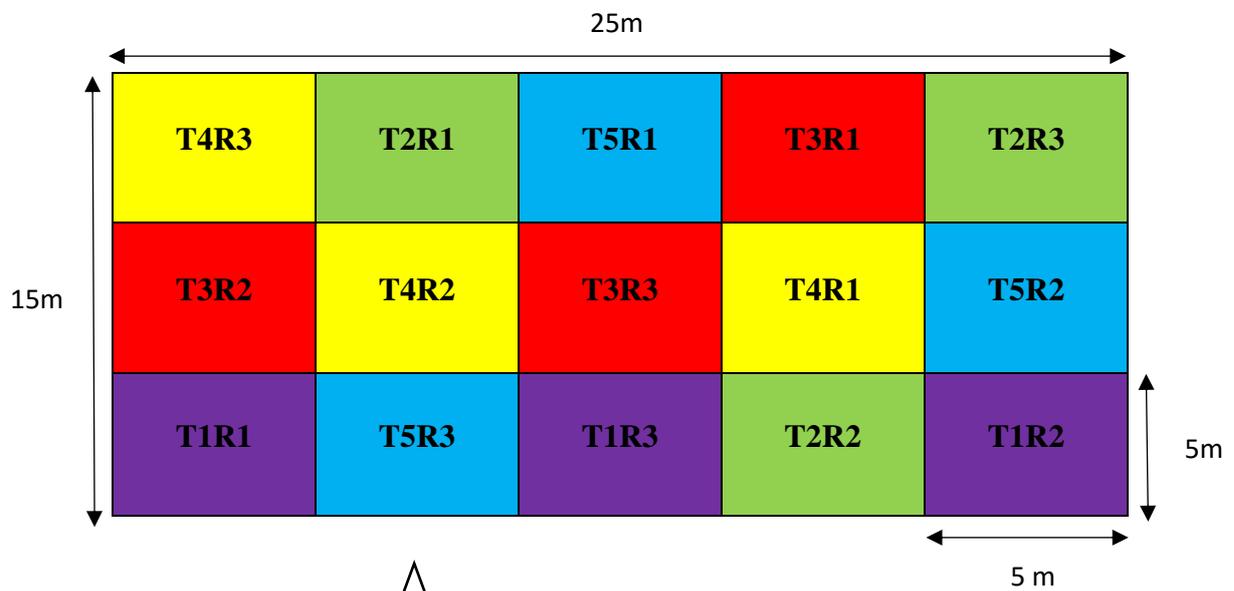
- 11 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. [Online].; 2015 [cited 2018 Junio 14. Available from: <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s03.htm>.
- 12 Salgado M. Galo Plaza Lasso: la posibilidad de leer el paradigma desarrollista desde una apropiación reflexiva. Quito; 2008.
- 13 Rodríguez A. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de banano (Musa sp.), variedad Gran enano Cavendish, en Quevedo, provincia de Los Ríos. Tesis de Grado. Cumbayá: Universidad San Francisco de Quito, Departamento de Agroempresas ; 2009.
- 14 Biogreen. Biogreen Ecuador. [Online].; 2010 [cited 2018 Junio 13. Available from: <http://www.biogreenecuador.com/bg/index.php/es/productos/cultivodetejidos/banano/williams/>.
- 15 Variedades de Banano. [Online].; 2011 [cited 2018 06 13. Available from: [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm).
- 16 Pilco L. Plan de negocio para la comercialización de banano orito (Musca acuminata) recinto Manguila Chico, cantón La Maná, año 2015. Tesis de Grado. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
- 17 La Bio Guía. [Online].; 2015 [cited 2018 06 13. Available from: <http://www.labioguia.com/notas/platano-rojo>.
- 18 Correa K. Evaluación de la evapotranspiración del cultivo de banano (Musa sp) utilizando la ecuación de la FAO Penman-Monteith. Tesis de grado. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias; 2015.
- 19 Anne V. Morfología de la planta del banano. [Online].; 2016 [cited 2018 06 13. Available from: <http://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>.
- 20 Tufiño A. Efecto de la interacción de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y la fertilización, sobre el crecimiento y desarrollo de plantas micropropagadas de banano (Musa paradisiaca) durante la fase de alimatación. Sangolquí; 2011.

- 21 Bermello D. Efecto del destore en el racimo de banano (*Musa spp.*) variedad Gran Williams y su incidencia en la producción. Tesis de grado. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Estudios a Distancia; 2014.
- 22 Mite F, Espinoza J. Búsqueda de eficiencia en el uso de nutrientes en banano. International Plant Nutrition Institute. 2016.
- 23 Sela G. Smart Fertilizer Management. [Online]. [cited 2018 Julio 05. Available from: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/banana-fertilizer-requirements>.
- 24 Ruiz P, Rojas K, Sieverding E. La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. Espacio y Desarrollo. 2011 Noviembre;(23): p. 47-63.
- 25 Cuenca G. Las micorrizas arbusculares como una alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. 2007; 32(1): p. 23-29.
- 26 Contreras J. Hongos micorrízicos de plantaciones de teca (*Tectona grandis L.*) y su potencial como biofertilizantes en plántulas a nivel de vivero. Año 2015. Tesis de grado. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Posgrado; 2016.
- 27 Conrado C. Integración de micorrizas y nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano (*Musa AAA*) en fase de aclimatación. Tesis de grado. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias; 2015.
- 28 Koneman. Diagnostico microbiológico: Texto y atlas de color. In Koneman.. Buenos Aires; 2001.
- 29 Pautasso J. Eficiencia agronómica de fósforo: efecto de fuentes líquidas y sólidas en suelos con presencia de calcáreo de Entre Ríos. Buenos Aires;; 2010.
- 30 International Plant Nutrition Institute. Fosfato Diamónico. ; 2015. Report No.: 17.
- 31 Vivas J, Lazo Y, González I, Robles J. Hongos micorrizicos arbusculares en el cultivo de plátano en viveros. Dominio de las Ciencias. 2018 julio; 4(3).

- 32 Luna J, Romero I, Rojas K. Hongos micorrizógenos arbusculares y su efecto en el desarrollo de plantas de ají (*Capsicum annuum*, Solanaceae). *Temas Agrarios*. 2016 julio-diciembre; 21(2).
- 33 Rosado J. Evaluación del efecto agronómico de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo vegetativo del cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) a nivel de campo, en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos. Tesis de grado. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo; 2017.
- 34 Ruíz L, Armario D, Rivera R, Espinosa A, Simó J, Espinosa C. Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano. *Agricultura Tropical*. 2016; 2(1).
- 35 Durango W, Mite F, Carrillo Manuel , Cargua J, Lahuathe B, Rivadeneira B, et al. Evaluación de enmiendas orgánicas sobre la respiración microbiana del suelo y variables agronómicas en banano. *JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH*. 2017 octubre-diciembre; 2(8).
- 36 Villada K, Tobon J. Determinación del desarrollo del cultivo de Banano variedad Cavendish bajo 2 tratamientos de aireación de suelo y aporte de materia orgánica en la finca Bonito Amanecer del Municipio de Chigorodó. Tesis. TURBO: ECAPMA, Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente; 2016.
- 37 Ramos David , Terry E, Soto F, Cabrera A, Martín G, Fernández L. Respuesta del cultivo del plátano a diferentes proporciones de suelo y bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales*. 2016 abril-junio; 37(2).
- 38 Lucas J. Efectos de la asociación Micorrizas más *Trichoderma* sobre el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao*) en viveros, en la zona de Babahoyo. Tesis. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo, Escuela de ingeniería agronómica; 2016.
- 39 Barzola I, Villalba R. Estudio comparativo de un componente de nutrición en el cultivo de banano (*Musa paradisíaca* L.) variedad Cavendish. Milagro; 2013.

**CAPÍTULO VI**  
**ANEXOS**

**Anexo 1. Croquis de campo.**



**Área Experimental**  
A: L x A  
A: 25m x 25m  
A: 375 m<sup>2</sup>

## **Anexo 2. Imágenes del experimento**



**Ilustración 1.** Sorteo y rotulado de parcelas experimentales.



**Ilustración 2.** Identificación de cada planta evaluada.



**Ilustración 3.** *Aplicación de micorrizas y Bacillus*



**Ilustración 4.** *Aplicación de fosfato diamónico*



**Ilustración 5.** *Medición de circunferencia de pseudotallo*



**Ilustración 6.** *Medición de altura de planta*



**Ilustración 7.** *Muestreo de suelo*



**Ilustración 8.** *Empaquetado y etiquetado de muestras de suelo para enviar a laboratorio.*

**Anexo 3.** *Análisis de varianza para la variable altura de planta de banano (Musa paradisiaca) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, Bacillus Spp y fósforo en diferentes intervalos de tiempo.*

**Tabla 2.** *Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 1.*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 1	15	0,19	0,00	11,45

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	404,28	4	101,07	0,60	0,6729
Error	1691,97	10	169,20		
Total	2096,25	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=34,95343**

*Error: 169,1973 gl: 10*

**Tabla 3.** *Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 21.*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 21	15	0,39	0,15	8,79

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	1010,32	4	252,58	1,61	0,2468
Error	1570,45	10	157,05		
Total	2580,77	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=33,67485**

*Error: 157,0453 gl: 10*

**Tabla 4.** *Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 42.*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 42	15	0,59	0,43	4,68

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	901,08	4	225,27	3,65	0,0440
Error	617,01	10	61,70		
Total	1518,10	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=21,10767**

*Error: 61,7013 gl: 10*

**Tabla 5.** Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 63.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 63	15	0,87	0,81	2,90

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	1899,92	4	474,98	16,40	0,0002
Error	289,69	10	28,97		
Total	2189,62	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=14,46313**

Error: 28,9693 gl: 10

**Tabla 6.** Análisis de la varianza de la altura de planta para el día 84.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 84	15	0,73	0,62	4,16

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	2040,34	4	510,09	6,77	0,0066
Error	753,05	10	75,30		
Total	2793,39	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=23,31868**

Error: 75,3047 gl: 10

**Anexo 4.** Análisis de varianza para la variable circunferencia del pseudotallo de planta de banano (*Musa paradisiaca*) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo en diferentes intervalos de tiempo.

**Tabla 7.** Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 1.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 1	15	0,18	0,00	8,79

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	12,00	4	3,00	0,53	0,7165
Error	56,57	10	5,66		
Total	68,58	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6,39144**

Error: 5,6573 gl: 10

**Tabla 8.** *Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 21.*

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Día 21	15	0,23	0,00	10,47

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
tratamiento	33,90	4	8,48	0,77	0,5713
Error	110,71	10	11,07		
Total	144,61	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8,94114**

*Error: 11,0713 gl: 10*

**Tabla 9.** *Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 42.*

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Día 42	15	0,46	0,25	7,93

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
tratamiento	84,51	4	21,13	2,14	0,1498
Error	98,63	10	9,86		
Total	183,14	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8,43899**

*Error: 9,8627 gl: 10*

**Tabla 10.** *Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 63.*

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Día 63	15	0,59	0,43	7,36

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
tratamiento	157,98	4	39,50	3,61	0,0454
Error	109,43	10	10,94		
Total	267,42	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8,88931**

*Error: 10,9433 gl: 10*

**Tabla 11.** Análisis de la varianza de la circunferencia del pseudotallo para el día 84.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 84	15	0,64	0,50	6,77

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	211,50	4	52,88	4,48	0,0249
Error	118,15	10	11,82		
Total	329,66	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9,23668**

Error: 11,8153 gl: 10

**Anexo 5.** Análisis de varianza para la variable número de hojas de planta de banano (*Musa paradisiaca*) en cm, bajo el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo en diferentes intervalos de tiempo.

**Tabla 12.** Análisis de la varianza del número de hojas para el día 1.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 1	15	0,39	0,15	5,82

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	0,62	4	0,16	1,63	0,2428
Error	0,96	10	0,10		
Total	1,58	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0,83259**

Error: 0,0960 gl: 10

**Tabla 13.** Análisis de la varianza del número de hojas para el día 21.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Día 21	15	0,35	0,09	4,21

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	0,41	4	0,10	1,36	0,3138
Error	0,75	10	0,08		
Total	1,16	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0,73754**

Error: 0,0753 gl: 10

**Tabla 14.** *Análisis de la varianza del número de hojas para el día 42.*

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Día 42	15	0,28	0,00	5,20

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
tratamiento	0,52	4	0,13	0,98	0,4585
Error	1,33	10	0,13		
Total	1,85	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0,97876***Error: 0,1327 gl: 10***Tabla 15.** *Análisis de la varianza del número de hojas para el día 63.*

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Día 63	15	0,52	0,33	4,94

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
tratamiento	1,59	4	0,40	2,71	0,0917
Error	1,47	10	0,15		
Total	3,06	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1,02910***Error: 0,1467 gl: 10***Tabla 16.** *Análisis de la varianza del número de hojas para el día 84.*

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Día 84	15	0,42	0,19	5,54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
tratamiento	1,69	4	0,42	1,80	0,2052
Error	2,35	10	0,23		
Total	4,04	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1,30172***Error: 0,2347 gl: 10*



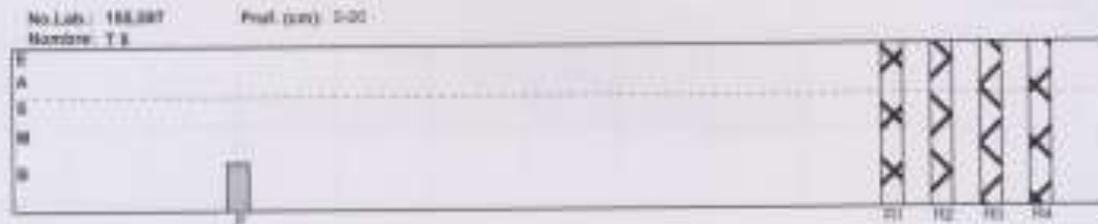
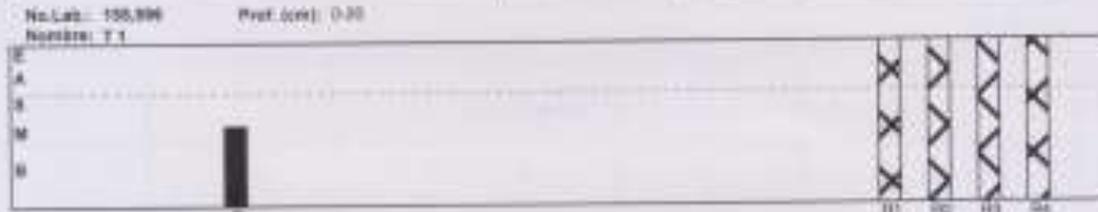
# AGROBIOLAB

## Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.

LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025  
 General Zaldumbide 145-304 y Luis Calum Urb. Dammar 2 (21) Ibará Telf: (093-2) 261-3363 / 241-2385 Fax: (093-2) 261-3213 Quito - Ecuador  
 Página Web: www.grandbiotecnologia.com E-mail: info@grandbiotecnologia.com

### SUELOS

Datos del Cliente	Referencia	Interpretación		
Cliente : SUAREZ FIGUEROA CARLOS JULIO Prop / Dir : TESIS Cultivo : BANANO Ingreso : 26/10/2018      Ensayo: 0201/2018 No. Lab. : Desde : 155896      Hasta : 155897	No. Doc: <b>52074</b> Emitido: 04/01/2018 Impreso: 04/01/2018 Página: 2 de 2	<b>Textura</b> FC = Finesco AC = Arcillos AS = Arenoso LJ = Ligeros AN = Arena FC = Frasco	<b>Elementos</b> B = Bajo M = Medio S = Suficiente A = Alto E = Exceso	<b>pH</b> Ac = Acido LA = Lq. Acido Pn = Pres. Neutro LA = Lq. Alcalino Al = Alcalino



Métodos: pH 1:2.5 H<sub>2</sub>O, C.E., Na, Pasta saturada, M.O., Walkley and Black, Al-H, Olsen Modificado II, Fosforo Molarizado, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> Colorimétrico  
 Método Valenzuela - Ca PEE/ABU, Mg PEE/ABU, P PEE/ABU, K PEE/ABU, Zn, Cu, Fe, Mn PEE/ABU  
 Nota: Los ensayos marcados con (\*) no tienen aún valores de normalización  
 \*\*Fecha Inicial de Ensayo) (a Fecha Final de Ensayo se cuantifican los laboratorios a partir de la Fecha Inicial de Ensayo)  
 Reservas tecnológicas e innovaciones, si se va a fotocopiar favor del documento total

**¡SU ÉXITO ES NUESTRO!**

## Anexo 7. Escala Zadoks para musáceas.

### BBCH-Descripción de las fases fenológicas de de las musáceas

Código			Descripción
2	3	4 digitos	
<b>Estadio principal 0: Brotación o emergencia</b>			
00	000	0000	Material recién sembrado (plantas de cultivo de tejidos y cormos), con ausencia de crecimiento visible.
05	005	0005	Emergencia de la 1ra hoja nueva en plantas de cultivo de tejidos o del brote foliar del corno

### Estadio principal 1: Desarrollo foliar

10	100	1000	Formación de 1ra hoja del corno sembrado o de hoja candela en plantas de cultivo de tejidos (estado 0 de candela).
		1002	1ra hoja en estado 2 de candela
		1004	1ra hoja en estado 4 de candela
		1006	1ra hoja en estado 6 de candela
		1008	1ra hoja en estado 8 de candela
11	101	1010	1 hoja completamente abierta y hoja más joven en estado 0 de candela
		1012	1 hoja completamente abierta y hoja más joven en estado 2 de candela
		1014	1 hoja completamente abierta y hoja más joven en estado 4 de candela
		1016	1 hoja completamente abierta y hoja más joven en estado 6 de candela
		1018	1 hoja completamente abierta y hoja más joven en estado 8 de candela
12	102	1020	2 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 0 de candela
		1022	2 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 2 de candela
		1024	2 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 4 de candela
		1026	2 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 6 de candela
		1028	2 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 8 de candela
13	103	1030	3 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 0 de candela
		1032	3 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 2 de candela
		1034	3 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 4 de candela
		1036	3 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 6 de candela
		1038	3 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 8 de candela
19	109	1090	9 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 0 de candela
		1092	9 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 2 de candela
		1094	9 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 4 de candela
		1096	9 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 6 de candela
		1098	9 hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 8 de candela
			los estadios continúan hasta ...
	119	1190	19 o más hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 0 de candela
		1192	19 o más hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 2 de candela
		1194	19 o más hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 4 de candela
		1196	19 o más hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 6 de candela
		1198	19 o más hojas completamente abiertas y hoja más joven en estado 8 de candela

Código	Descripción		
2	3	4 digitos	

#### Estadio principal 2: Ahijamiento

21	201	2010	1er hijo con hoja visible
		2011	1er hijo con hoja de espada visible
		2012	1er hijo con hoja de agua visible
22	202	2020	2do hijo con hoja visible
		2021	2do hijo con hoja de espada visible
		2022	2do hijo con hoja de agua visible
23	203	2030	3er hijo con hoja visible
		2031	3er hijo con hoja de espada visible
		2032	3er hijo con hoja de agua visible los estadios continúan hasta ...
29	209	2090	9 o más hijos con hoja visible
		2091	9 o más hijos con hoja de espada visible
		2092	9 o más hijos con hoja de espada visible

2 3 4 digitos

#### Estadio principal 3: Crecimiento del pseudotallo

35	305	3050	El pseudotallo alcanza el 50% del crecimiento típico en grosor y longitud, según el genoma o clon.
39	309	3090	Se alcanza el máximo de longitud y grosor del pseudotallo correspondiente al genoma o clon, y cesa emisión de nuevas hojas de tamaño normal.

2 3 4 digitos

#### Estadio principal 4: Desarrollo foliar del hijo

40	400	4000	Subfase de crecimiento dependiente: el hijo se hace visible y emite el brote foliar o figón.
41	401	4011	Emisión de 1ra hoja lanceolada
		4012	Emisión de 2da hoja lanceolada
		4013	Emisión de 3ra hoja lanceolada
		4014	Emisión de 4ta hoja lanceolada
		4015	Emisión de 5ta hoja lanceolada
		4016	Emisión de 6ta hoja lanceolada
		4017	Emisión de 7ma hoja lanceolada
		4018	Emisión de 8va hoja lanceolada
		4019	Emisión de 9na o más hojas lanceoladas
45	405	4050	Subfase de crecimiento independiente: emergen las hojas de 10 cm de ancho aproximadamente (hoja origen/hoja cero/F 10)
		4051	Emisión de 1ra hoja de 10 cm de ancho, aprox.
		4052	Emisión de 2da hoja de 10 cm de ancho, aprox.
		4053	Emisión de 3ra hoja de 10 cm de ancho, aprox.
		4054	Emisión de 4ta hoja de 10 cm de ancho, aprox.
		4055	Emisión de 5ta hoja de 10 cm de ancho, aprox.
		4056	Emisión de 6ta hoja de 10 cm de ancho, aprox.
		4057	Emisión de 7ma hoja de 10 cm de ancho, aprox.
		4058	Emisión de 8va hoja de 10 cm de ancho, aprox.
		4059	Emisión de 9na o más hojas de 10 cm de ancho, aprox.
49	409	4090	Final de la etapa con emisión de la primera hoja con características del genoma o clon (relación largo:ancho, índice de área foliar). Se inicia emisión sincronizada de hojas "normales- (FM).

Código	Descripción		
2	3	4 dígitos	

#### Estadio principal 5: Emergencia de la inflorescencia

50	500	5000	Cesa emisión de nuevas hojas normales y se inicia emisión de hoja bracteal
51	501	5010	Hoja bracteal en estado 2 de candela
52	502	5020	Hoja bracteal en estado 4 de candela
53	503	5030	Hoja bracteal en estado 6 de candela
54	504	5040	Hoja bracteal en estado 8 de candela
55	505	5050	Hoja bracteal completamente abierta
59	509	5090	Emergencia de la hoja placenta o primera bráctea estéril, protegiendo la chira.

---

2 3 4 dígitos

#### Estadio principal 6: Floración

60	600	6000	El estadio se hace visible con la salida de la chira protegida por la hoja placenta (1ra bráctea estéril).
61	601	6010	Se levanta una bráctea que no protege ninguna mano de flores (2da bráctea estéril) y el raquis o tallo floral toma orientación pendular.
62	602	6020	Se levanta la bráctea que protege la primera mano de flores femeninas o pistiladas.
63	603	6030	Se levanta la bráctea que protege la segunda mano de flores femeninas o pistiladas
64	604	6040	Se levanta la bráctea que protege la tercera mano de flores femeninas o pistiladas.
65	605	6050	Plena floración: al menos 50% de manos de flores femeninas expuestas
69	609	6090	Ocurre marchitez y/o caída de brácteas que protegen las manos y la curvatura de los dedos los muestra en posición perpendicular a la dirección del raquis o pinzote.

---

2 3 4 dígitos

#### Estadio principal 7: Formación del fruto

70	700	7000	Al menos el 50% de los dedos mostrando curvatura hacia arriba e inicio del llenado de los frutos (dedos)
71	701	7010	Total exposición de los dedos o flores femeninas (brácteas protectoras caídas o plegadas y marchitas sobre las manos).
72	702	7020	Los dedos de las manos alcanzan la curvatura característica del fruto (hacia arriba y casi paralela al eje o raquis)
73	703	7030	Desde las dos primeras manos hasta el 30% de las manos alcanzando el máximo grosor de la fruta
74	704	7040	Hasta el 40% de las manos alcanzando el máximo grosor de la fruta
75	705	7050	Hasta el 50% de las manos alcanzando el máximo grosor de la fruta.
76	706	7060	Hasta el 60% de las manos alcanzando el máximo grosor de la fruta.
77	707	7070	Hasta el 70% de las manos alcanzando el máximo grosor de la fruta.
78	708	7080	Hasta el 80% de las manos alcanzando el máximo grosor de la fruta.
79	709	7090	Todas las manos alcanzando el máximo grosor de la fruta y no se ha iniciado pérdida de peso en ninguna mano.

---

2 3 4 dígitos

**Estadio principal 8: Maduración del fruto**

80	800	8000	La maduración se inicia cuando el fruto habiendo alcanzado su máximo grosor, comienza a sufrir pérdida de peso y cambios de coloración, definidos estos últimos como grados de madurez.
81	801	8010	Grado 1 de madurez: verde (green). Color normal de la fruta fresca
82	802	8020	Grado 2 de madurez: verde claro (tinge of yellow). Primer cambio de color durante el ciclo de maduración.
83	803	8030	Grado 3 de madurez: verde amarillento (more green than yellow)
84	804	8040	Grado 4 de madurez: más amarillo que verde (more yellow than green).
85	805	8050	Grado 5 de madurez: amarillo con puntas verdes (tinge of green).
86	806	8060	Grado 6 de madurez: amarillo total (yellow).
87	807	8070	Grado 7 de madurez: amarillo con puntas color pardo (yellow with brown specks). Fruto completamente maduro, con mejor sabor y alto valor nutritivo
88	808	8080	Grado 8 de madurez: fruto con 20 a 50% de la superficie color pardo o deteriorada (20-50% brown)
89	809	8090	Grado 9 de madurez: los frutos muestran coloración parda o deterioro en más del 50% de su superficie (more brown than 50%).

---

2 3 4 dígitos

**Estadio principal 9: Senescencia**

90	900	9000	Más del 50% de la superficie de los frutos muestran coloración parda.
91	901	9010	Las hojas que persisten en la planta, se han necrosado en sentido acrópeto y las flores masculinas se han marchitado, necrosado y/o caído.
93	903	9030	Total marchitez y necrosis de los frutos.
95	905	9050	Se produce degeneración (necrosis) de la chira.
97	907	9070	Se inicia necrosis del pseudotallo, con resquebrajamiento de las vainas envolventes. El pseudotallo torna a pardo.
98	908	9080	Total descomposición de los tejidos y caída del pseudotallo.

---

99, 909 or 9090 partes cosechadas( estadios para señalar tratamientos en postcosecha)