



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica**

**Niveles de fertilización fosfórica para la producción en vivero de  
plantones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en Huánuco**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo**

**Autor**

**De la Cruz Torres, Frank Joel**

**Asesor**

**Ing. Contreras Liza, Sergio Eduardo**

**Huacho – Perú**

**2023**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

*"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"*

FACULTAD DE INGENIERIA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONL DE INGENIERIA AGRONOMICA

### INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Frank Joel De La Cruz Torres	46817997	18 de Setiembre del 2023
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Sergio Eduardo Contreras Liza	08787108	0000-0002-6895-4332
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Edison Goethe Palomares Anselmo	DNI N°15605363	0000-0002-4473-0422
Cristina Karina Andrade Alvarado	DNI N°40231658	0000-0003-2681-7863
Ángel Pedro Campos Julca	DNI N°15733670	0000-0002-1418-6104

## NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA PARA LA PRODUCCIÓN EN VIVERO DE PLANTONES DE PLÁTANO BELLACO HARTÓN (Musa AAB) EN HUÁNUCO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>19</b> %	<b>19</b> %	<b>1</b> %	<b>2</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	<b>14</b> %
<b>2</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>www.repositorio.usac.edu.gt</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>4</b>	<b>repository.usta.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	<b>Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %

**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**

**Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica**

## **Tesis**

**“Niveles de fertilización fosfórica para la producción en vivero de  
plantones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en Huánuco”**

**Sustentado y aprobado ante el jurado evaluador:**



**Dr. Edison Goethe Palomares Anselmo**  
**Presidente**



**Mg. Sc. Cristina Karina Andrade Alvarado**  
**Secretario**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ  
CARRIÓN**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica**



**ING. ANGEL PEDRO CAMPOS JULCA**  
**Mg. Angel Pedro Campos Julca**  
**Vocal**



**DR. SERGIO EDUARDO CONTRERAS LIZA**  
**Dr. Sergio Eduardo Contreras Liza**  
**Asesor**

**HUACHO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a Dios,  
por haber guiado mi camino y por su providencia;  
a Ana, mi madre quien ha sido mi mayor ejemplo de esfuerzo, dedicación y perseverancia;  
también a Carlos, mi padre,  
de quien estoy seguro se hubiera llenado de orgullo al ver este logro alcanzado.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Universidad José Faustino Sánchez Carrión, por ser mi casa de estudios.
- Al Dr. Sergio Contreras, por ser el guía para realizar este trabajo de investigación.
- A cada uno de los que cooperaron indirectamente en la realización de este trabajo, en especial a Zarela C.
- Al jurado evaluador, por sus observaciones oportunas.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema.....	1
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Objetivos de la Investigación.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación de la Investigación.....	3
1.5 Delimitación del estudio.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	4
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	7
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Origen y distribución.....	10
2.2.2 Clasificación taxonómica.....	10
2.2.3. Características morfológicas.....	10
2.2.4. Condiciones edafoclimáticas.....	12
2.2.5. Propagación del plátano.....	14
2.2.6. Manejo de vivero.....	15
2.2.7. Nutrientes minerales esenciales.....	16
2.3 Definición de términos básicos.....	20
2.4 Hipótesis de investigación.....	21
2.4.1 Hipótesis General.....	21
2.4.2 Hipótesis Específicos.....	22
2.5. Operacionalización de las variables.....	22
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	23

3.1 Gestión del experimento .....	23
3.1.1 Ubicación .....	23
3.1.2 Características del área experimental.....	23
3.1.3 Tratamientos.....	24
3.1.4 Diseño experimental.....	25
3.1.5 Variables a evaluar .....	25
3.1.6 Conducción del experimento.....	26
3.2 Técnicas para el procesamiento de la información .....	27
CAPITULO IV. RESULTADOS .....	28
4.1. Altura de planta.....	28
4.2. Diámetro de pseudotallo .....	32
4.3. Longitud de raíz .....	36
4.4. Peso fresco de raíz .....	39
4.5. Peso seco de raíz .....	43
4.6. Peso fresco tallos y hojas .....	46
4.7. Peso seco de tallos y hojas .....	49
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN .....	53
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	54
6.1 Conclusiones .....	54
6.2 Recomendaciones .....	54
CAPITULO VII. REFERENCIAS .....	55
ANEXOS .....	59

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	22
Tabla 2 Características climáticas del área experimental .....	23
Tabla 3 Características del área experimental .....	24
Tabla 4 Tratamientos con diferentes niveles de fosfato di amónico .....	24
Tabla 5 Análisis de varianza para altura de planta (cm) – 4 semanas después de la siembra .....	28
Tabla 6 Análisis de varianza para altura de planta (cm) – 6 semanas después de la siembra .....	29
Tabla 7 Análisis de varianza para altura de planta (cm) – 8 semanas después de la siembra .....	29
Tabla 8 Análisis de varianza para altura de planta (cm) – 10 semanas después de la siembra .....	30
Tabla 9 Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en la altura de planta (cm) del plátano bellaco Hartón (Musa AAB).....	31
Tabla 10 Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo (mm) – 4 semanas después de la siembra.....	32
Tabla 11 Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo (mm) – 6 semanas después de la siembra.....	33
Tabla 12 Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo (mm) – 8 semanas después de la siembra.....	33
Tabla 13 Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo (mm) – 10 semanas después de la siembra.....	34
Tabla 14 Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en el diámetro de pseudotallo de planta (mm) del plátano bellaco Harton (Musa AAB) .....	35
Tabla 15 Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) – 4 semanas después de la siembra .....	36
Tabla 16 Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) – 8 semanas después de la siembra .....	37
Tabla 17 Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) – 10 semanas después de la siembra .....	37
Tabla 18 Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en la longitud de raíz (cm) del plátano bellaco Harton (Musa AAB).....	38
Tabla 19 Análisis de varianza para peso fresco de raíz (g) – 4 semanas después de la siembra .....	40
Tabla 20 Análisis de varianza para peso fresco de raíz (g) – 8 semanas después de la siembra .....	40
Tabla 21 Análisis de varianza para peso fresco de raíz (g) – 10 semanas después de la siembra .....	41
Tabla 22 Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en peso fresco de raíz (g) del plátano bellaco Harton (Musa AAB).....	42
Tabla 23 Análisis de varianza para peso seco de raíz (g) – 8 semanas después de la siembra .....	43
Tabla 24 Análisis de varianza para peso seco de raíz (g) – 10 semanas después de la siembra .....	44

Tabla 25 Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en peso seco de raíz (g) del plátano bellaco Harton (Musa AAB).....	45
Tabla 26 Análisis de varianza para peso fresco de tallos y hojas (g) – 4 semanas después de la siembra.....	46
Tabla 27 Análisis de varianza para peso fresco de tallos y hojas (g) – 8 semanas después de la siembra.....	47
Tabla 28 Análisis de varianza para peso fresco de tallos y hojas (g) – 10 semanas después de la siembra.....	47
Tabla 29 Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en peso fresco de tallos y hojas (g) del plátano bellaco Harton (Musa AAB).....	48
Tabla 30 Análisis de varianza para peso seco de tallos y hojas (g) – 4 semanas después de la siembra.....	50
Tabla 31 Análisis de varianza para peso seco de tallos y hojas (g) – 8 semanas después de la siembra.....	50
Tabla 32 Análisis de varianza para peso seco de tallos y hojas (g) – 10 semanas después de la siembra.....	51
Tabla 33 Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en peso seco (g) de tallos y hojas del plátano bellaco Harton (Musa AAB).....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la zona de estudio.....	23
Figura 2 Distribución de los tratamientos en el campo experimental .....	24
Figura 3 Altura de planta de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico .....	31
Figura 4 Diámetro de pseudotallo de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico .....	35
Figura 5 Longitud de raíz de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico .....	39
Figura 6 Peso fresco de raíz de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico. ....	42
Figura 7 Peso seco de raíz de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico. ....	45
Figura 8 Peso fresco de tallos y hojas de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico .....	49
Figura 9 Peso seco de tallos y hojas de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico .....	52

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la eficiencia de la fertilización fosfórica en la producción de plántones de plátano bellaco Hartón (*Musa AAB*) en condiciones de vivero. **Metodología:** El diseño experimental fue el diseño completamente al azar (DCA) con cinco repeticiones, se realizó el análisis de varianza (ANVA) y prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para los factores y niveles empleados. Las dosis y momentos evaluados fueron: fosfato diamónico (FDA) a 0, 0,25, 0,5, 1, 1,25 y 1,5 onzas por 6 kg sustrato; momentos de evaluación: 4, 6, 8 y 10 semanas después de la siembra. **Resultados:** Se hallaron diferencias significativas en la altura de planta y diámetro de pseudotallo bajo la dosis de 1,5 onzas FDA por 6 kg sustrato a las 6 y 8 semanas después de la siembra. No se hallaron diferencias significativas en el desarrollo radicular de plántones de plátano. La aplicación de FDA bajo la dosis de 1,5 onzas por cada 6 kg de sustrato tuvo efectos sobre el peso fresco de raíz, peso seco de raíz y peso seco de tallos y hojas a las 10 semanas después de la siembra, y bajo la dosis de 0,5 onzas de FDA por cada 6 kg de sustrato tuvo efectos sobre el peso fresco de tallos y hojas a las 8 semanas después de la siembra. **Conclusión:** Se determinó que la aplicación de FDA tuvo efectos en el desarrollo vegetativo e incremento de biomasa, pero no tuvo efecto sobre el desarrollo radicular de plántones de plátano.

Palabras clave: bellaco Hartón, fosfato diamónico, vivero

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the efficiency of phosphoric fertilization in the production of bellaco Hartón plantain seedlings (*Musa AAB*) under nursery conditions. **Methodology:** The experimental design was completely randomized (DCA) with five repetitions, the analysis of variance (ANVA) and Tukey's mean comparison test at 5% were performed for the factors and levels used. The doses and moments evaluated were: diammonium phosphate (FDA) at 0, 0.25, 0.5, 1, 1.25 and 1.5 ounces per 6 kg substrate; evaluation moments: 4, 6, 8 and 10 weeks after sowing. **Results:** Significant differences were found in plant height and pseudostem diameter under the dose of 1.5 FDA ounces per 6 kg substrate at 6 and 8 weeks after sowing. No significant differences were found in the root development of plantain seedlings. The application of FDA under the dose of 1.5 ounces per 6 kg of substrate had effects on the fresh weight of the root, dry weight of the root and dry weight of stems and leaves at 10 weeks after sowing, and under the A dose of 0.5 ounces of FDA per 6 kg of substrate had effects on the fresh weight of stems and leaves at 8 weeks after sowing. **Conclusion:** It was determined that the application of FDA had effects on vegetative development and biomass increase, but had no effect on root development of plantain seedlings.

Keywords: Bellaco Hartón, diammonium phosphate, plant nursery

## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

El plátano en sus diferentes variedades, es una de las frutas más consumidas en el mundo con una media de once kilogramos/persona/año (Orús, 2022). La producción de este supera los 113 millones de toneladas anuales, siendo la India y China los principales productores (Susana, 2021). Mientras que, en América el Perú es el país con mayor rendimiento (11,3 ton/ha) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia [MINAGRICULTURA], 2020). El consumo ronda los 30,16 kilos per cápita al año; el bellaco se encuentra entre las 6 variedades más consumidas (Oviedo, 2021). A su vez, representa el 0,03% del total exportaciones de plátanos del Perú (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014, como se citó en Bernuy, 2020). Las regiones peruanas con mayor producción están en el orden de San Martín, Piura y Ucayali con incrementos de 9,3%, 34,1 % y 2,8 % respectivamente respecto al año 2021 (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2022).

La fertilización en dosis óptimas permite aprovechar el potencial productivo evitando el desgaste del suelo (Vivas *et al.*, 2018). El plátano absorbe el fósforo principalmente en la etapa vegetativa, es decir en las regiones de crecimiento activo (López, 2018). Es por ello que el aporte de fósforo garantiza el desarrollo óptimo reduciendo el tiempo de producción en 2 a 2,5 meses al establecer nuevas plantaciones y en la renovación de las existentes; las labores culturales para este cultivo requieren prácticas más técnicas que empíricas, mejorar el rendimiento y la uniformidad de la producción, donde los aspectos ecofisiológicos y la calidad de plántones juegan un papel relevante; por consiguiente la producción de plántones en vivero es categórica a fin de conseguir mediante la fertilización con fósforo plántones de calidad (Lardizábal, 2007).

### 1.2 Formulación del problema

¿La fertilización con fósforo en la producción de plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero permitirá obtener plántones de calidad?

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo se logrará una mayor eficiencia en la producción de plántones de plátano bellaco Hartón (*Musa AAB*) de calidad mediante la fertilización fosfórica en vivero?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Qué dosis de fósforo influirá en el desarrollo vegetativo en los plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero?
- ¿Qué dosis de fósforo influirá en el crecimiento radicular en plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero?
- ¿Qué dosis de fósforo influirá en el incremento de biomasa en plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la eficiencia de la fertilización fosfórica en la producción de plántones de plátano bellaco Hartón (*Musa AAB*) en condiciones de vivero.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la influencia de la dosis de fósforo en el desarrollo vegetativo en los plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero.
- Evaluar la influencia de la dosis de fósforo en el crecimiento radicular en plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero.
- Evaluar la influencia de la dosis de fósforo en el incremento de biomasa en plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero.

## **1.4 Justificación de la Investigación**

La expansión de la frontera agrícola en el cultivo del plátano en sus diferentes variedades muestra un aumento gradual en las regiones como Amazonas, San Martín, Loreto principalmente (INEI, 2021). El cultivo del plátano, principalmente se desarrolla por micro y medianos productores con muy poca asistencia técnica y por lo que esta investigación es conveniente porque se centra en el primer estadio de la cadena productiva del plátano, planteando la fertilización fosfórica como una práctica esencial que permitirá mejorar los resultados en la producción de plántones de calidad en vivero, además de aportar en la mejora de las técnicas de producción enriqueciendo los procedimientos existentes, asimismo de sentar un precedente para futuras investigaciones que permitan discutir sus resultados.

Socialmente serán beneficiados los productores en regiones como Huánuco, quienes podrán aplicar los procedimientos descritos en la producción de sus plántones en vivero para conseguir características homogéneas y de calidad en sus plantaciones, hecho que permitirá mejorar el rendimiento y la calidad, aspectos necesarios para la oferta exportadora, mejorando así los ingresos familiares y del país.

## **1.5 Delimitación del estudio**

### **Delimitación temporal**

Se realizó durante el periodo de marzo – abril 2022.

### **Delimitación espacial**

La investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Fortress Group SAC, ubicada en la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

### **Delimitación social**

Se encuentra dirigido a los productores y a las empresas productoras de plátano Bellaco Hartón en Huánuco.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Zambrano *et al.* (2021) llevaron a cabo una investigación en la localidad de El Carmen, Ecuador, con el objetivo de analizar los efectos de la fertilización con magnesio en el cultivo de plátano 'Barraganete' (Musa AAB). Se aplicaron seis niveles diferentes de MgO (0, 25, 50, 75, 100, 125 kg·ha<sup>-1</sup>) para evaluar su impacto en aspectos relacionados con la morfofisiología y el rendimiento de las plantas. El diseño experimental utilizado consistió en bloques completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones, y las plantas se sembraron con un espaciamiento de 2,50 m x 1,80 m, lo que equivale a una densidad de 2222 plantas por hectárea. A lo largo del tiempo, se realizaron mediciones repetidas de diversas variables relacionadas con el crecimiento vegetativo de las plantas. Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas en todas las variables morfo-fisiológicas, indicando que la fertilización con un 30% de MgO tuvo un impacto en el crecimiento de las plantas. Sin embargo, se observó que las variables relacionadas con la reproducción de las plantas no se vieron afectadas por las diferentes dosis de magnesio aplicadas. Sorprendentemente, la dosis de 25 kg·ha<sup>-1</sup> mostró los mejores resultados en términos de rendimiento, eficiencia agronómica y factor parcial de productividad.

Avellán *et al.* (2020) realizaron un estudio donde evaluaron la eficiencia de las dosis de fertilización empleadas y el fraccionamiento de fósforo en plátano de variedad 'Barraganete' con una densidad de siembra alta (2200 plantas ha<sup>-1</sup>) en una granja experimental de Río Suma, Manabí (Ecuador) y suministrando una dosis estándar de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 70 kg ha<sup>-1</sup> de MgO. Los factores que se estudiaron fueron fertilización con P en tres diferentes dosis (20, 40 y 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y fraccionamiento en dos niveles (100 y 40-60 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), lo que resultó en un arreglo de tratamientos factorial 3 × 2 + 1 de tratamientos, los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones; la unidad experimental estuvo conformada por 21 plantas, se seleccionaron cinco de la parte central para evaluarlas. Las variables de estudio fueron eficiencia agronómica (EA), factor parcial de productividad (FPP), balance parcial de nutrientes (BPN), biomasa seca del fruto, rendimiento, concentración y exportación de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; esta última fue mayor con 40 kg ha<sup>-1</sup> y fraccionamiento de 100 % (6,01 kg ha<sup>-1</sup>). EA,

FPP y BPN presentaron los valores mayores: 211.3, 1002.5 y 0.21 kg ha<sup>-1</sup> con la dosis de 20 kg ha<sup>-1</sup> y fraccionamiento 40-60 %. El fraccionamiento 40-60 % con dosis de 20 kg ha<sup>-1</sup> generó el rendimiento mayor (20050 kg ha<sup>-1</sup>). La relación entre la dosis y el fraccionamiento fue inversamente proporcional, sin embargo, el rendimiento y la eficiencia agronómica del P la relación fue cuadrática. Así, las recomendaciones apropiadas pueden establecerse para la fertilización del cultivo con P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Cardona *et al.* (2020) plantearon recomendaciones tecnológicas mediante un plan nutricional para mejorar el crecimiento y rendimiento de la primera generación del cultivo de plátano por la aplicación de N, P, K y S en Colombia. Se evaluaron estadísticamente las variables vegetativas, grosor y altura del pseudotallo a los 3, 5 meses y 7 meses de desarrollo, y las variables productivas número de manos y dedos por racimo, peso del racimo, longitud y calibre del dedo central de la segunda mano al momento de la cosecha, bajo un modelo en bloques, completo al azar con muestreo. Bajo las condiciones que se presentaron en el desarrollo de este estudio se concluyó que el efecto individual del nitrógeno presentó diferencias altamente significativas para las variables grosor y altura del pseudotallo a los 3,5 y 7 meses de crecimiento, número de dedos por racimo, longitud del dedo central de la segunda mano y peso del racimo. Con respecto al potasio, la aplicación de este elemento no presentó diferencias significativas en ninguna de las variables vegetativas y productivas, de los tres experimentos realizados. La evaluación del elemento fósforo presentó diferencias significativas, donde el efecto del fósforo indicó diferencias entre promedios en las variables altura y grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de desarrollo, contrario al efecto de este elemento en las variables productivas. La aplicación individual y combinada del elemento azufre, fertilizantes nitrogenados y potásicos no mostró efecto significativo en ninguna de las variables vegetativas y productivas evaluadas.

Deras (2019) evaluó cuatro programas de nutrición en banano variedad *Gran enano* en una finca en Guadalajara (Honduras) para determinar la mejor dosis para realizar aplicaciones de fertilización. Se evaluó el programa N-300; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-140; K<sub>2</sub>O-500 y MgO-40 kg/ha/año y tres variantes: 75, 125 y 150% de la misma en tres áreas de producción de la finca: alta, media y baja. El diseño fue en parcelas divididas en espacio, las aplicaciones se realizaron con bomba de mochila al pie del hijo cada dos semanas durante nueve meses, más dos aplicaciones de Zn y B, con fertilizantes solubles. Se evaluó crecimiento en altura y circunferencia del pseudotallo del hijo, grosor y longitud del dedo central de la primera y

cuarta mano, número de dedos de la primera y cuarta mano, manos del racimo, días desde la primera aplicación a embolsado y número de hojas. Se realizaron análisis de suelos y foliares antes y después de aplicar los tratamientos. Se realizó un ANOVA y separación de medias por Tukey ( $P < 0.05$ ). Hubo efecto en la altura y circunferencia del pseudotallo, siendo el mejor programa para el área de alta producción la dosis del 125% del programa nutricional, en el área de media producción el 100% y para el área de baja producción el 150%.

Vivas *et al.* (2018), afirmaron que el uso de fertilizantes con recomendaciones y dosis específicas, permiten aprovechar al máximo el potencial productivo del cultivo de plátano barraganete, evitar costos de producción elevados y disminuir el desgaste excesivo del suelo. El objetivo del estudio fue determinar el rendimiento y la eficiencia de nutrientes para dosis de nitrógeno, óxido de fósforo y óxido de potasio en cultivo establecido. El experimento se llevó a cabo en tres localidades de El Carmen (Ecuador). Cada nutriente se aplicó en dosis baja, media y alta, más un testigo sin aplicación de fertilizante. En el caso del nitrógeno, estas dosis fueron 0, 150 y 300 kg ha<sup>-1</sup>; en el fósforo 0,60 y 120 kg ha<sup>-1</sup> y en el potasio 0, 200 y 400 kg ha<sup>-1</sup>. La densidad de cultivo fue de 1700 plantas ha<sup>-1</sup>. Se pudo determinar diferencias significativas en los rendimientos entre las localidades. Se obtuvo el rendimiento más alto en dosis de 150-60-200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio (18613 kg ha<sup>-1</sup>). En B y C, la dosis de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno mostró la mayor producción (15840 y 16687 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente). En C, el tratamiento con dosis de 400 kg ha de potasio también presentó alta productividad (16893 kg ha<sup>-1</sup>). La localidad A alcanzó mejor aprovechamiento en la eficiencia de nutriente.

Lardizábal (2007), propuso una guía de producción de plátano de alta densidad para productores de Honduras, en la cual establece que la elección de los cormos debe ser entre 200 a 300 g con el propósito de facilitar la siembra en la bolsa del plantón; el sustrato para el plantón a una proporción de 50% cascarilla de arroz y 50% tierra, pudiendo remplazar la cascarilla por aserrín, bocachi, hojarasca de bosque, entre otros, con el fin de tener un sustrato con buenas características de drenaje y aireación. En las labores culturales del embolsado indica que se inicia llenando la bolsa (15 x 25 cm) hasta la mitad luego se aplica una onza del compuesto fosforado en la proporción de 18-46-0 o 15-15-15 luego llenar la bolsa e incluir el cormo en la parte superior dejando unos tres cm abajo de la superficie que finalmente es completado con cascarilla de arroz. Estas bolsas se organizan bajo la sombra (30 %) del vivero donde se humedece completamente y manteniendo humedad según el

requerimiento del vivero. Al crecer las plantas se deben organizar según el tamaño consiguiendo la uniformidad de los plántones. Entre el día 10 y 15 se aplica una dosis de Trichoderma por 3500 plantas y entre el día 21 y 28 se vuelve a aplicar una onza del compuesto fosforado en la misma proporción anterior con el propósito de mantener el crecimiento vigoroso del plantón y dependiendo de la época del año y la altura msnm del vivero las plantas deben estar listas dentro de 6 a 8 semanas. Finalmente recomienda que al transportar los plántones se hagan en canastillas facilitando el traslado y minimizando los daños. El hoyo debe ser 2 cm más hondo que la bolsa y se retira la bolsa y se cubre con tierra y se ajusta. Finalmente establece que la ventaja de la producción de plántones en vivero radica en la uniformización del tamaño de plantas que se lleva al campo a fin de evitar la competencia entre plantas afectando la producción de racimos, además reducir el tiempo de producción entre 7 y 7,5 meses

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Romero (2020) evaluó el impacto de la fertilización orgánica y química en la producción del cultivo de plátanos (*Musa sp.*) de la variedad Isla en una estación experimental agropecuaria en Pichanaki, provincia de Chanchamayo. El diseño experimental utilizado fue un Diseño de Bloques Completamente Randomizados (BCR) que constaba de 6 tratamientos y un grupo de control, cada uno de ellos con 3 repeticiones. Los tratamientos se diferenciaron en la proporción de N-P-K y se denominaron de la siguiente manera: T1 (Fertilización orgánica baja), T2 (Fertilización orgánica media), T3 (Fertilización orgánica alta), T4 (Fertilización química baja), T5 (Fertilización química media), T6 (Fertilización química alta) y T7 (Control - sin fertilización). Las variables evaluadas incluyeron la altura de la planta, el diámetro del pseudotallo y el número de hojas, que se midieron a los 2, 4, 6, 8 y 10 meses después de la siembra. Además, se evaluaron el número de manos por racimo y el peso del racimo en el momento de la cosecha. En cuanto al crecimiento de las plantas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de la fertilización orgánica y química en el cultivo de plátanos. Sin embargo, a partir del sexto mes después de la siembra, el tratamiento T3 mostró una altura de planta promedio que sobresalió sobre los demás tratamientos, alcanzando valores de 1,33 m, 1,86 m y 2,40 m a los seis, ocho y diez meses, respectivamente. De manera similar, el tratamiento T4 destacó a los ocho y diez meses después de la siembra, mostrando un promedio de 2,92 y 3,33 hojas, respectivamente. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del pseudotallo

en ningún mes evaluado. En relación con el número de manos por racimo y el peso del racimo, el tratamiento T5 se destacó significativamente de los demás, con un promedio de 2,47 manos por racimo y un peso de racimo de 14,99 kg. Para la fertilización orgánica, el tratamiento óptimo fue el T1, con una dosis de 260-130-300 de NPK y un peso promedio de racimo de 12,41 kg. En cuanto a la fertilización química, tanto el tratamiento T5 (fertilización química media) como el T4 (fertilización química baja) se diferenciaron del resto, con dosis de 440-220-500 y 260-130-300 de NPK, respectivamente, y un peso promedio de racimo de 14,99 kg y 14,32 kg, respectivamente.

Rodríguez (2019) evaluó cuatro formas de corte de pseudotallo, la dosis de nitrógeno sobre la brotación y las características biométricas de los hijuelos de plátano en una parcela ubicada en Tingo María, Huánuco. En su investigación aplicó un modelo experimental lineal con un diseño en bloques completamente al azar (DBCA). Sus resultados mostraron que el tratamiento T15 (a3b2 = corte de pseudotallo a 10 cm + 46 g de N) mostró el menor tiempo de brotamiento con 17,62 días; T16 (a3b3 = corte de pseudotallo a 10 cm + 138 g de N) tuvo el mayor número de hijuelos con 27,90; la mayor altura con 76,43 cm lo obtuvo el T12 (a2b3 = corte de pseudotallo a 150 cm + 138 g de N) este mismo tratamiento también obtuvo el mayor diámetro (13,78 cm), el mayor peso seco y fresco (5,60 y 0,88 kg). este autor concluye que los efectos del corte a 150 cm de altura del pseudotallo combinadas con 138 g de N fueron mejores para obtener hijuelos con buenas características biométricas, mientras que para obtener hijuelos en menor tiempo y en mayor cantidad se debe realizar el corte a 10 cm combinadas con 138 g de N.

Atalaya y Retamozo (2019) evaluaron el efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del banano híbrido FHIA 17 (*Musa acuminata*) en San Ramón, Chanchamayo (Junín). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se realizaron evaluaciones estadísticas de diversas variables, como características vegetativas, altura de la planta madre, longitud de los dedos y número de manos. Los resultados indicaron que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y bloques en estas variables. Sin embargo, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la altura de los hijuelos entre los tratamientos, pero no entre los bloques. Además, se observó una diferencia estadísticamente significativa en el perímetro del pseudotallo tanto entre los tratamientos como entre los bloques. En cuanto a las variables relacionadas con la calidad de la fruta, como los grados de los dedos, el peso

de los racimos, el número de dedos, el peso del raquis, el porcentaje de merma, la ratio, el peso de la fruta exportable, los grados Brix, el porcentaje de materia seca y el rendimiento, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, pero no entre los bloques. El análisis del suelo reveló deficiencias en los niveles de fósforo (P) y potasio (K), mientras que los niveles de calcio (Ca) y magnesio (Mg) se encontraron en condiciones normales. La materia orgánica presentó un contenido medio y el pH del suelo mostró una acidez moderada. En cuanto al análisis de la concentración foliar, el tratamiento T3 demostró una mayor absorción de nutrientes, con porcentajes óptimos de nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), a diferencia del tratamiento T0, que mostró concentraciones por debajo del nivel crítico en N, K y Mg, concentraciones bajas de P y Ca, y deficiencia de S. En general, el análisis foliar reveló que el tratamiento T3, que consistió en una fertilización orgánica con una dosis de 313,16 kg ha<sup>-1</sup> N; 271,34 kg ha<sup>-1</sup> P; 556,92 kg ha<sup>-1</sup> K; 115,66 kg ha<sup>-1</sup> Ca; 197,44 kg ha<sup>-1</sup> S y 80,92 kg ha<sup>-1</sup> Mg, obtuvo los mejores resultados en términos de absorción de nutrientes y rendimiento del banano. Este tratamiento se destacó significativamente en variables como el número de manos, la longitud de los dedos, el peso de los racimos, el número de dedos, el porcentaje de merma, el peso de la fruta exportable y el rendimiento en comparación con los otros tratamientos del estudio, según se determinó mediante la prueba de significación de Tukey.

Peña (2019) evaluó el rendimiento y calidad del banano orgánico al aplicar tres niveles de biol: 1 litro de biol/mochila (T1), 3 litros de biol/mochila (T2) y 5 litros de biol/mochila (T3), más un testigo (T0), en el valle del Chira (Piura). El estudio tuvo los objetivos de: determinar el nivel de biol de mejor efecto sobre el rendimiento de banano orgánico, medir el efecto del biol sobre las características morfo productivas del banano orgánico, determinar la influencia de los tratamientos en estudio sobre la calidad del fruto, establecer la rentabilidad de los tratamientos en estudio. Las aplicaciones se realizaron una vez al mes, en un periodo de 7 meses y el diseño experimental que se realizó fue el de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Al final de las aplicaciones se evaluaron algunas características morfo productivas y se llevaron muestras del fruto al laboratorio para analizar su calidad, llegando a las siguientes conclusiones: 1) el rendimiento de banano orgánico no fue afectado significativamente por la aplicación de los tratamientos de biol; 2) los tratamientos de biol no afectaron de manera significativa a ninguna de las características morfo productivas; 3) con la dosis de 5 litros de biol en 15 litros de agua (T3), se obtuvo mayor contenido de proteínas, fósforo magnesio y vitamina C, en relación con los demás tratamientos; 4) en

términos económicos, el tratamiento de 1 litro de biol en 19 litros de agua (T1) fue mejor, al alcanzar un beneficio costo de 1.07. Pero la dosis de 3 litros de biol en 17 litros de agua (T2), fue superior numéricamente, alcanzando un promedio de 24,44 t ha<sup>-1</sup>; además, consiguió mayores resultados en el número de dedos por mano con 16,99 unidades, número de dedos por racimo con 110,70 unidades, calibre con 43,85°, peso fresco del fruto con 198,38 g y peso de racima sin raquis con 22,00 kg en promedio.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Origen y distribución**

El plátano, *Musa paradisiaca*, tiene como zona de origen Asia Meridional, siendo conocida en el Mediterráneo desde el año 650. En el siglo XV llegó a Canarias y desde allí fue llevado a América en el año 1516. El cultivo comercial se inicia en Canarias a finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Merino, 2014).

### **2.2.2 Clasificación taxonómica**

Orden: Escitamidales

Familia: Musaceae

Género: Musa

Especie: Es un cruce interespecífico entre *Musa acuminata* y *Musa balbissiana*, en la literatura aparece con nombre científico *Musa acuminata* X *Musa balbissiana*, AAB (composición genómica). Número básico de cromosomas – 11 (Díaz, 2017).

### **2.2.3. Características morfológicas**

El plátano es una planta herbácea perenne, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5 – 7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas (Herrera y Colonia, 2011).

## **Sistema radicular**

Las raíces son superficiales y están distribuidas en una capa de 30 - 40 cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente endurecen y tornan amarillentas. Llegan a alcanzar los 3 m de crecimiento lateral y 1,5 m de profundidad. La raíz tiene bajo poder de penetración, por ende, la distribución radicular está sujeta a la textura y estructura del suelo (Herrera y Colonia, 2011, como se citó en Rodríguez, 2019).

## **Pseudotallo**

El pseudotallo está conformado por vainas foliares envolventes que se traslapan, las cuales resultan del crecimiento helicoidal y surgen en el cormo. El pseudotallo acopia sustancias líquidas amiláceas y crece desde el interior hacia el exterior a medida que van apareciendo las hojas (Solís, 2007, como se citó en Rodríguez, 2011). Al inicio, el pseudotallo es de color blanco, tornándose verde al exponerse a la luz solar. Su forma es cilíndrica, recta y de consistencia rígida. El pseudotallo tiene la misma estructura del cormo, pero se distingue en el espesor de la corteza que se reduce notoriamente; así como en la composición del sistema vascular que solo está formado de haces que son parte del sistema foliar. La longitud del pseudotallo y su grosor guardan relación directa, en principio, con el tipo de clon; y luego, con el vigor de la planta (Soto, 2008, como se citó en Rodríguez, 2019).

## **Sistema foliar**

Las hojas están compuestas por la nervadura central, nervaduras laterales y el limbo. Cada pecíolo o vaina se adelgaza formando un canal conductor de agua en el centro de la hoja, dando lugar al seudopécíolo, el cual sostiene la hoja y la nervadura. La lámina foliar presenta una forma ovalada, el limbo en sentido longitudinal presenta mayor grosor en la parte media de la lámina foliar y su color depende en gran medida del estado nutricional del cultivo (Belalcázar et al., 1991, como se citó en Bolaños et al, 2020). En total una planta de plátano puede llegar a producir entre 36 y 40 hojas, y dependiendo del estrés ejercido sobre la planta, el tipo del clon y el estado nutricional del cultivo, en promedio el plátano emite generalmente una hoja cada nueve días (Bolaños *et al.*, 2020).

#### **2.2.4. Condiciones edafoclimáticas**

El plátano es una especie propia del trópico húmedo y se puede cultivar en todas aquellas zonas agroecológicas localizadas entre 30° de latitud norte y 30° de latitud sur, que reúnan las condiciones de clima y suelo favorables para su crecimiento, desarrollo y producción (Cardona *et al.*, 2017).

##### **Temperatura**

La temperatura es un factor clave para el crecimiento y desarrollo del plátano, por ende, contribuye directamente en el ciclo vegetativo de la planta y en su actividad fisiológica, principalmente con la fotosíntesis y respiración. Las temperaturas aptas para el establecimiento del cultivo se encuentran entre los 18°C y 38°C., siendo una temperatura óptima 26°C; las temperaturas mínimas medias no pueden ser inferiores a 15°C, ya que a temperaturas de 10°C el crecimiento es más lento, se retarda la emisión foliar, se reduce el desarrollo de la planta, el rendimiento anual, y los frutos no maduran de manera uniforme y normal. Temperaturas inferiores a 8°C ocasionan daño por frío en hojas y reducción de la actividad metabólica. Por otra parte, a temperaturas superiores a 40°C ocurre un cierre estomático para evitar pérdidas de agua, con la consecuencia de la reducción en la eficiencia fotosintética, menor producción de carbohidratos y energía necesaria para su correcto desarrollo (Cardona *et al.*, 2017).

##### **Altitud**

El crecimiento y desarrollo de la planta de plátano disminuye a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, lo cual implica que el ciclo se haga más largo, debido a que en zonas más altas en el trópico se presentan temperaturas menores. Sin embargo, dentro de la diversidad de clones de plátano existen algunos que toleran mejor esta condición de altura y temperatura más frescas. Es así como el clon Hartón se adapta bien a regiones por debajo de 1000 msnm (Cardona *et al.*, 2017).

##### **Precipitación**

Debido a que las Musáceas tienen un área foliar extensa, consumen grandes cantidades de agua. La planta de plátano requiere alrededor de 120 a 150 mm de lluvia mensual o 1,800 mm anuales, bien distribuidos para satisfacer las necesidades hídricas del plátano. En zonas

y épocas en que la precipitación o el agua almacenada en el suelo sean inferiores a 5 mm día<sup>-1</sup>, es necesario aplicar riego suplementario. La precipitación óptima es entre los 2,000 y 3,000 mm anuales, pero con una buena distribución durante el año. Cuando no se tenga esta distribución es necesario suministrar riego suplementario en los meses secos (Cardona *et al.*, 2017).

### **Radiación solar**

La radiación solar tiene efectos directos sobre la acumulación de materia seca en las plantas, ya que influye de manera directa en la fotosíntesis de las hojas. La actividad fotosintética de la planta de plátano aumenta rápidamente cuando la luminosidad está entre 2,000 y 10,000 lux; bajo condiciones de baja luminosidad el ciclo vegetativo se alarga y pasa de 8,5 cuando la plantación está bien expuesta a la luz, a 14 meses en condiciones de baja luminosidad. Zonas con alta nubosidad disminuyen la radiación fotosintéticamente activa necesaria para expresar el potencial productivo de la planta, con lo cual los rendimientos tienden a ser menores (Cardona *et al.*, 2017).

### **Viento**

En todas las regiones productoras de plátano uno de los daños más comunes y generalizados es el rasgado de las láminas foliares por acción del viento; si el daño no implica desprendimiento y pérdida del área foliar activa, no representa un riesgo para el desempeño funcional y productivo de las plantas. La pérdida de plantas por doblamiento o resquebrajamiento del pseudotallo y desenraizamiento de la cepa son ocasionadas por vientos de gran intensidad (mayores de 50 km h<sup>-1</sup>). Cuando la velocidad del viento excede los 20 km h<sup>-1</sup> produce ruptura o rasgado de las hojas, que es un fenómeno común e inevitable en los cultivos de plátano. En zonas con altas velocidades de viento y suelos poco profundos, se deben amarrar las plantas para evitar el volcamiento de las mismas (Rodríguez *et al.*, 2017).

### **Humedad relativa**

La humedad relativa afecta al cultivo en forma indirecta, porque favorece la incidencia de enfermedades foliares en especial las de origen fungoso. Adicionalmente, la humedad de la atmósfera es un factor regulador de las relaciones hídricas de las plantas, ya que interviene como la fuerza impulsora del agua desde el suelo, a través de la planta hasta la atmósfera,

mediante la creación de un gradiente de potencial hídrico en el sistema suelo-agua-planta-atmósfera. En este sentido, mientras más seco sea el ambiente en el que la planta se encuentre, mayor será su actividad transpiratoria y, en consecuencia, mayor la absorción de agua por las raíces y viceversa (Cardona *et al.*, 2017).

## **Suelo**

Las texturas recomendables para el cultivo del plátano son desde franco arenosas muy finas hasta francos arcillosas. El porcentaje de arcilla no debe superar el 40% ni ser inferior al 20%. El suelo debe tener una profundidad mínima de 1 m, sin nivel freático o capas endurecidas a esta profundidad. Es importante que tenga un buen drenaje externo e interno en el perfil del suelo. Las condiciones de pH ideales para el plátano son de 6 a 7,5 (ligeramente ácido a ligeramente alcalino), sin embargo, el plátano también prospera en suelos con pH de 5 a 8. Terrenos con pH alcalino y alto contenido de carbonato de calcio provocan desbalances nutricionales y posibles síntomas de deficiencias nutricionales en las plantas (Cardona *et al.*, 2017).

### **2.2.5. Propagación del plátano**

#### **a) Propagación por cormos**

Los plátanos se propagan de manera asexual, es decir, se reproducen partes de la misma planta que se denominan normalmente cormos, el cual proviene de yemas laterales del cormo. A pesar de que este método es el más eficiente y rápido, también permite la diseminación de algunos patógenos y plagas, por lo tanto, es fundamental hacer una correcta selección y desinfección de la semilla. La calidad genética de la semilla es muy importante, ya que las características de la planta madre son idénticas a la del cormo. En tal sentido, se deben seleccionar plantas con buen estado sanitario (sin evidencias de enfermedades o patógenos), vigorosas y de buena productividad (peso del racimo) (Cardona *et al.*, 2017).

#### **b) Inducción de brotes**

La inducción de brotes es una alternativa para el productor de plátano para hacer una propagación masiva, y consiste en hacer un corte en bisel del cormo, al menos unos 5 cm por encima del cuello, para promover y estimular el crecimiento de las yemas que se encuentran en el cormo. Dichos brotes se recolectan a los 30 días aproximadamente y se

siembra en bolsas en donde deben permanecer hasta que tengan entre 4 a 5 hojas verdaderas (dos meses aproximadamente). Cuando se propaga el cormo, se debe suprimir la dominancia apical haciendo un corte en cruz sobre la parte central del mismo (meristemo apical). Posteriormente es introducido al sustrato que puede ser cascarilla de arroz o cisco de madera (Aguilar *et al.*, 2004).

### **2.2.6. Manejo de vivero**

La siembra en vivero de plátano de alta densidad para después trasplantarlo es lo recomendado debido a que permite uniformizar el tamaño de plantas que se llevarán a campo y esto impedirá la competencia entre ellas, lo que puede resultar en una merma en racimos, o que sean racimos más pequeños. Esta competencia entre plantas es la desventaja de la siembra de alta densidad de plátano, si tenemos poblaciones no uniformes. Para evitar esto es que se requiere de viveros de plantas para uniformizar la siembra.

La estadía de las plantas en viveros es de 6 a 8 semanas son semanas ganadas de campo, es decir, lo que se tarda 9 meses en producir en siembra directa, con vivero va a ser de 7 a 7,5 meses después del trasplante. La inversión que se realiza para la estructura del vivero, mano de obra, bolsas e insumos va a costar aproximadamente lo que cuesta mantener ese cultivo a campo abierto por esas 6 a 8 semanas, con la diferencia que llevamos plantas más sanas y robustas que empiezan a crecer inmediatamente (Lardizábal, 2007).

Según Lardizábal (2007), los pasos a seguir para la producción de plátano en bolsa son:

- Recolectar cormos de 200 a 300 gramos
- El medio debe tener buen drenaje y aireación, el cual debe ser 50% de casulla de arroz con 50% de suelo franco. Se pueden usar otros tipos de materiales, prefiriendo los que se disponen en la zona.
- Las bolsas deben ser de preferencia de 15 x 25 cm hasta 20 x 30 cm. A medida que aumente el tamaño de las bolsas, el manejo de agua se torna más complicado.
- Se agrega el medio a las bolsas y luego los cormos cubriéndose con el medio hasta dejar 3 cm de espacio de la parte superior de la bolsa para tapanlo.
- Una vez sembrado, se procede a colocarlo en el vivero bajo malla sarán o sombra natural y se procede a regarlo para humedecer el medio completamente. El riego se

manejará de acuerdo a las necesidades del vivero. El manejo del riego es el punto crítico para tener un vivero excelente.

- El vivero debe de tener un 30% de sombra con sarán o sombra natural. Se puede usar sombra natural, pero es más difícil de regular.
- A medida que van creciendo las plantas se deben de ir moviendo para poner las del mismo tamaño junto. Este trabajo se realiza durante todo el tiempo que dure el vivero y así se asegura llegemos al trasplante vamos a tener plantas de similares características.
- Entre el día 10 y 15 se le aplica una dosis de *Trichoderma* por 3500 plantas (o de una hectárea).
- Las plantas deben de estar listas para el trasplante dentro de 6 a 8 semanas, dependiendo de la época del año y la altura msnm de la finca donde está el vivero.
- Las plantas se jalan en canastas al campo para minimizar el daño y facilitar el movimiento de ellas.
- Al trasplantar hay que dejar las plantas a la misma profundidad que tiene el nivel de suelo en la bolsa o unos 2 centímetros más profundos. Se debe remover la bolsa al introducir la planta al hoyo.

### **2.2.7. Nutrientes minerales esenciales**

Los minerales esenciales se suelen dividir en categorías conocidas como macro y micronutrientes, y también se clasifican como elementos mayores (primarios y secundarios) y elementos menores. Los elementos primarios, que incluyen nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), tienden a ser los primeros en agotarse en el suelo, ya que las plantas generalmente los requieren en cantidades considerables. Por otro lado, la deficiencia de nutrientes secundarios, como calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), y los micronutrientes, que son boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn), es menos común, ya que las plantas los necesitan en cantidades más pequeñas. A pesar de esto, estos nutrientes secundarios y micronutrientes son igualmente fundamentales para garantizar una nutrición mineral adecuada y, por lo tanto, un crecimiento saludable de las plantas (Cardona et al., 2017).

La fuente principal de estos elementos es el suelo, pero cuando se somete a un uso agrícola continuo, a menudo no puede proporcionar estos nutrientes en la cantidad y calidad requeridas. Esto se vuelve especialmente relevante en el cultivo de musáceas, en particular

para las variedades de plátano tipo Bananos, que pertenecen a la descendencia acuminata (*Musa AAA*). Estos cultivares son conocidos por su consumo como frutas frescas y su destino como productos de exportación. Para estos tipos de plátanos triploides, los requisitos del suelo son de suma importancia y están estrechamente relacionados con su potencial de producción. Por otro lado, los cultivares que contienen el genoma balbissiana, como los plátanos (*Musa AAB*), que generalmente se cultivan para el consumo local y son una parte esencial de la dieta en su forma cocida, son menos exigentes en términos de necesidades nutricionales y calidad del suelo. (Cardona et al., 2017).

### **2.2.7.1 Macronutrientes**

#### **a) Nitrógeno**

El nitrógeno es el principal responsable del desarrollo y rendimiento de los cultivos. Interviene en la formación de aminoácidos que son esenciales para la síntesis de proteínas. Forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), y de otros compuestos como nucleótidos, amidas y aminas. Es constituyente de la molécula de clorofila y componente estructural de la pared celular. Desempeña un papel fundamental en muchas reacciones metabólicas. Este elemento es considerado el más importante para el crecimiento de la planta de plátano y algunos de sus efectos sobre el cultivo son:

- Favorece el desarrollo vegetativo en general,
- Influye sobre el crecimiento longitudinal de pecíolos,
- Aumenta el tamaño del racimo,
- Favorece el crecimiento de los hijos.
- Aumenta la capacidad de producir flores

En el plátano, aumenta la altura de la planta, la circunferencia del pseudotallo y el peso de las hojas, así como el peso del racimo, el número de dedos y el peso individual del dedo.

#### **b) Fósforo**

El fósforo es parte esencial de muchos glucofosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos. Forma parte de los nucleótidos como el ADN y ARN y de fosfolípidos presentes en las membranas. Asimismo, es esencial en el metabolismo energético, debido a la presencia en las moléculas de ATP, ADP, AMP y pirofosfatos; participa además en la síntesis y utilización de azúcares y almidones y en la

absorción del K. estimula el desarrollo del sistema radicular, la floración, fructificación y la maduración del fruto. Su requerimiento por la planta de plátano es relativamente bajo, posiblemente debido a la movilidad y capacidad de reutilización dentro de la planta. La capacidad que presenta el cultivo de asociarse con hongos (micorrizas) le confiere una mayor capacidad de absorción de dicho nutrimento. El fósforo interviene en la resistencia fisiológica de los frutos a la presencia de hongos en postcosecha y en la fortaleza de los pedicelos. En el plátano, se informa la influencia de este nutrimento en el peso del racimo, el fruto y en su contenido de pulpa.

### **c) Potasio**

El potasio es generalmente descrito como un elemento que produce un marcado efecto en la calidad del producto final, debido a que los frutos y vegetales que tienen un adecuado suplemento del mismo durante el ciclo del cultivo aumentan su vida comercial post cosecha. Está involucrado con aspectos de resistencia de plagas y enfermedades y tolerancia a sequías. Favorece sustancialmente la palatabilidad y consistencia de los frutos, mejorando su calidad. Es un elemento clave en la nutrición mineral del banano e incide sobre el tamaño de las hojas de los frutos y del racimo, sobre el número de manos y frutos por racimo y en el periodo de floración. En el cultivo del plátano, se presenta una baja respuesta productiva de la planta a las aplicaciones o adiciones de este nutrimento (Cardona *et al.*, 2017).

#### **2.2.6.2. Elementos secundarios**

##### **Calcio**

En las plantas, la mayor parte del calcio se encuentra en vacuolas centrales y unidas en las paredes celulares en forma de pectatos. Este elemento está involucrado en la división y elongación de la pared celular. Tiene influencia sobre el pH de la célula y sobre la estabilidad estructural y permeabilidad de la membrana celular. Adicionalmente, produce un efecto benéfico en el vigor de la planta y en la consistencia del follaje, así como en la formación de la semilla sexual (Bolaños, 2020).

##### **Magnesio**

Es uno de los nutrimentos más estrechamente relacionados con la molécula de clorofila, de la cual es su principal componente. Es indispensable en los procesos de formación de

carbohidratos, aceites y grasas. Interviene en la absorción y transporte de fósforo dentro de los tejidos de la planta. Es importante en el cultivo del plátano porque interviene en la calidad y en la transferencia de electrones. Como transportador de electrones está involucrado en las reacciones de oxido-reducción. Forma parte de sistemas enzimáticos y es requerido en la síntesis de proteínas. Es junto con el manganeso el principal nutriente tomado por la planta de banano en la fase vegetativa, en donde se acumula prioritariamente en el pseudotallo, meristemas, cormo y hojas (Bolaños, 2020).

### **Azufre**

Elemento fundamental porque interviene en la producción de proteínas de las plantas, es constituyente de aminoácidos como cistina, cisteína y metionina. El azufre es importante ya que ayuda a la absorción del nitrógeno, que es factor principal en la producción de los cultivos. Por esto el azufre proporciona crecimiento más rápido, una mayor precocidad y un intervalo floración-cosecha más corto. El aumento de los rendimientos y calidad del fruto se debe probablemente a una mejor utilización de los fertilizantes nitrogenados, por efecto del azufre (Cardona *et al.*, 2017).

### **2.2.6.3. Micronutrientes**

#### **Zinc**

Interviene en la biosíntesis de las auxinas, es componente de sistemas enzimáticos y desempeña un papel en la síntesis de proteínas. El requerimiento de zinc en el cultivo de banano es relativamente bajo; no obstante, su carencia causa graves deformaciones en el crecimiento de la planta y en el racimo (Bolaños, 2020).

#### **Boro**

Está involucrado en el transporte de azúcares a través de las membranas celulares y en la síntesis de la pared celular. Tiene influencia en la transpiración por medio del control de la formación del azúcar y del almidón. Adicionalmente participa en el desarrollo y en la elongación celular. Así como la utilización del calcio (Ca), existe una estrecha relación de correspondencia entre estos dos nutrimentos. En la planta de plátano, el boro absorbido antes

de la floración es utilizado totalmente en el llenado de los frutos. El requerimiento de boro de las musáceas como el plátano y el banano es cuatro veces menor que aquel que presentan las dicotiledóneas. No obstante, el hecho de tener un solo meristemo terminal hace a las primeras especialmente vulnerable a la carencia de este nutrimento (Bolaños, 2020).

## **Hierro**

En suelos muy ácidos el hierro se encuentra en grandes cantidades, pero poco disponibles en su forma de asimilación para las plantas, debido a su estado de oxido-reducción, lo cual para ser absorbido debe ser suministrado como quelato. Este elemento hace parte de muchas funciones en la planta, entre estas son: enzimas y numerosas proteínas que acarrean electrones para el proceso de fotosíntesis y respiración de las plantas, también tiene funciones importantes como el transporte de electrones y en combinación con el molibdeno juegan un papel muy importante en la reducción del nitrógeno dentro de la planta, como ferredoxina. En la planta, en la fase vegetativa el hierro es uno de micronutrientes principalmente absorbidos, y disminuye su proporción en la floración, debido a la redistribución pasando del pseudotallo y hojas para la producción de fruto (Cardona *et al.*, 2017).

### **2.2.7 Fertilización**

La fertilización consiste en la aplicación de nutrientes de acuerdo con las necesidades del cultivo y la disponibilidad de estos en el suelo. Los fertilizantes químicos involucran fuentes como urea, cloruro de potasio y óxido de magnesio, entre otros; mientras que los orgánicos agrupan materia orgánica, compost, lombricomposta, pulpa de café, residuos de cosecha, entre otros (Aránzazu *et al.*, 2002, como se citó en Bolaños *et al.*, 2020).

### **2.3 Definición de términos básicos**

**Clon.** Conjunto de individuos genéticamente idénticos que desciende de un mismo individuo por mecanismo de reproducción asexual (Real Academia Española [RAE], 2021).

**Cormo.** Se trata de un órgano vegetal subterráneo que se caracteriza por ser un tallo engrosado, con una base hinchada y un crecimiento vertical. Este tallo presenta nudos y abultamientos de los cuales emergen yemas (Diccionario Médico-Biológico [DICCIONMED], 2017).

**Fosfato diamónico.** Fertilizante fosfatado granulado ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) de aplicación a suelo, con concentración de Nitrógeno (18%) y Fosforo (46%) (Agroproductores, 2021).

**Hartón o cuerno.** Clon, triploide híbrido natural (AAB [La letra A significa acuminata y la B balbisiana]) de plátano con pocas manos de dedos muy grandes, sin flores hermafroditas y sin eje masculino. Se le conoce técnicamente como Musa AAB Plátano cv Hartón. Es una planta de unos 6 metros de altura, con racimos de 6 a 8 manos, en las que crecen entre 30 y 58 frutas, con un peso total de entre 6 y 20 kg (Nava, 1997). Sinonimia; Dominico, Dominico-Hartón (Venezuela), Barraganete (Ecuador) (Abreu *et al.*, 2007).

**Macro nutrientes.** Se consideras así a los nutrientes esenciales que las plantas tomar en mayor cantidad, pero no en forma aislada ni única. Entre ellos tenemos al N – P – K – Ca – Mg – S (Álvaro, 2019).

**Musáceas.** Familia de plantas monocotiledóneas que comprende unas 40 especies repartidas en 3 géneros principales (*Musa*, *Musella* y *Ensete*) (Universidad Nacional de Moquegua [UNAM], 2020).

**Propagación vegetativa.** Producción de plantas a partir de las partes vegetativas. Se utilizan tejidos vegetales que conservan la potencialidad de multiplicación (Gimtrac, 2018).

**Sigatoka negra.** Es una enfermedad foliar recurrente de las Musáceas, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, representa la principal limitante en la producción a nivel mundial (Ecorfan, 2017).

**Yemas vegetativas:** son las estructuras que propician el crecimiento de tallo, ramas, raíz, etc.; es el extremo inmaduro del meristemo apical. Tenemos yemas terminales y yemas axilares (Boletinagrario, 2022).

## 2.4 Hipótesis de investigación

### 2.4.1 Hipótesis General

La incorporación de fósforo en plantones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) permitirá un mayor desarrollo de órganos aéreos y raíces propiciando el crecimiento de plantas vigorosas.

## 2.4.2 Hipótesis Específicos

- La incorporación de fósforo influirá en el desarrollo vegetativo en los plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero.
- La incorporación de fósforo influirá en el crecimiento radicular en plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero.
- La incorporación de fósforo influirá en el incremento de biomasa en plántones de plátano bellaco hartón (*Musa AAB*) en vivero.

## 2.5. Operacionalización de las variables

Tabla 1

*Operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores/Unid.	Herramientas
Producción de plántones de plátano	Resalta las características fisiológicas de los plántones de plátano en un determinado tiempo	Desarrollo vegetativo	Altura de planta (cm) Diámetro de pseudotallo (cm)	Fichas de registro de indicadores
		Crecimiento radicular	Longitud parcial (cm) Longitud total (cm)	
		Incremento de biomasa	Peso fresco (gr) Peso seco (gr)	
Fertilización fosfórica	Cantidad de $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ mezclado con sustrato por cada plántón	Tratamientos	Significancia estadística	Diseño experimental

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 Gestión del experimento

#### 3.1.1 Ubicación

El proyecto se realizó en las instalaciones de la empresa Fortress Group SAC, ubicado en el anexo San Juan del distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

Figura 1

*Ubicación de la zona de estudio*



#### 3.1.2 Características del área experimental

El área experimental comprende un vivero con un área de 3 hectáreas y una capacidad productiva de 225 mil plantones, con instalaciones para el control de sombra y riego asistido.

Tabla 2

*Características climáticas del área experimental*

Coordenadas		Datos climatológicos	
Latitud	: 08° 55' 47.53" S	Temperatura Mínima Media	: 20.75 °C
Longitud	: 76° 06' 42.15" W	Temperatura Máxima Media	: 29.82 °C
Altitud	: 586 msnm	Velocidad del viento	: 1.04 m/s
		Pluviosidad anual	: 3604.6 mm

*Fuente: Castro et al. (2021)*

Tabla 3

*Características del área experimental*

Unidad Experimental	Repetición	Calles
Ancho: 1 metros	Ancho: 6 metros	Ancho: 6 metros
Longitud: 1,4 metros	Longitud: 1,4 metros	Largo: 0,5 metros
Área /U.E.: 1,4 m <sup>2</sup>	N. de Repeticiones: 5	Total/calle: 3 m <sup>2</sup>
	Área total/R: 42 m <sup>2</sup>	

*Nota: U.E. = Unidad experimental*

En la Figura 2 se muestra la distribución de los tratamientos en el área experimental.

Figura 2

*Distribución de los tratamientos en el campo experimental*

REPETICIÓN I	T5	T2	T3	T1	T0	T4
REPETICIÓN II	T0	T1	T4	T3	T2	T5
REPETICIÓN III	T2	T0	T1	T3	T5	T4
REPETICIÓN IV	T1	T4	T0	T5	T3	T2
REPETICIÓN V	T4	T3	T2	T0	T5	T1

### 3.1.3 Tratamientos

Tabla 4

*Tratamientos con diferentes niveles de fosfato di amónico*

Tratamientos	Productos	Momentos de aplicación	Dosis (onzas/6 kg sustrato)
T0	No aplica	No aplica	No aplica
T1	FDA	En el embolsado	0,25
T2	FDA	En el embolsado	0,5
T3	FDA	En el embolsado	1
T4	FDA	En el embolsado	1,25
T5	FDA	En el embolsado	1,5

*Nota: FDA = Fosfato diamónico*

### 3.1.4 Diseño experimental

El diseño experimental que se aplicó fue el de diseño completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos (T0, T1, T2, T3, T4 y T5) y 5 repeticiones por tratamiento. Para el análisis estadístico de los datos recolectados se empleó el análisis de varianza y para la prueba de comparación de medias se utilizó la Prueba de Tukey al 5%.

El modelo aditivo lineal que se aplicó en el experimento fue:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

$j = 1, 2, 3, 4, 5$

$Y_{ijk}$  : Respuesta observada de la  $j$ -ésima unidad experimental que recibió el  $i$ -ésimo tratamiento.

$U$  : Es el efecto de la media general y corresponde al promedio de toda la respuesta en la población.

$T_i$  : Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento sobre la media general.

$E_{ij}$  : Efecto del error experimental de la  $j$ -ésima unidad experimental que recibió el  $i$ -ésimo tratamiento.

### 3.1.5 Variables a evaluar

**Altura de planta:** esta variable se empezará a medir desde la cuarta semana después de la siembra con un intervalo de 15 días a la siguiente evaluación. Las evaluaciones se harán hasta cumplir las 10 semanas. La toma de medidas se llevará a cabo utilizando una cinta métrica, y se registrará la altura desde la base del pseudotallo hasta la bifurcación de la última hoja.

**Diámetro de Pseudotallo:** el diámetro de pseudotallo se evaluará desde la cuarta semana después de la siembra con un intervalo de 15 días, las evaluaciones se harán tomando la medida del pseudotallo desde 5 centímetros desde la base del pseudotallo.

**Longitud de raíz:** esta evaluación se realizará en tres momentos en el desarrollo del ensayo, siendo la primera evaluación al primer mes, la segunda evaluación al cumplir el segundo mes y la tercera al cumplir los 2,5 meses. La evaluación contempla medir la longitud total de raíces, obtenidas por la suma de las longitudes de cada raíz de una planta por cada tratamiento en cada repetición.

**Peso fresco de raíces y hojas:** esta evaluación se realizará en tres momentos en el desarrollo del ensayo, siendo la primera evaluación al primer mes, la segunda evaluación al cumplir el segundo mes y la tercera al cumplir los 2,5 meses. La evaluación contempla tomar los datos de los pesos de las raíces y hojas de una planta por cada tratamiento en cada repetición.

**Peso de Materia seca:** esta evaluación se realizará en tres momentos en el desarrollo del ensayo, siendo la primera evaluación al primer mes, la segunda evaluación al cumplir el segundo mes y la tercera al cumplir los 2,5 meses. La evaluación contempla tomar los datos de los pesos secos de las raíces y hojas de una planta por cada tratamiento en cada repetición.

### **3.1.6 Conducción del experimento**

#### **a) Preparación del sustrato**

El sustrato está compuesto por cascarilla de arroz (40%), tierra negra (30%), arena de río (15%) y compost (15%).

#### **b) Desinfección y siembra**

Se recolectaron semillas con pesos de entre 100 a 150 gramos, luego éstas se limpiaron de restos de raíces y se sumergen por 5 min en una solución de Benfuracarb en una proporción de 400 ml/200 L.

La siembra se realizó en bolsas de vivero de 8" \* 12", empleando el sustrato previamente preparado y cormos de plátano de la variedad Bellaco Hartón de entre 100 a 150 gr.

### **c) Fertilización**

Después de colocado el sustrato y antes de depositar la semilla, se procede a aplicar el fosfato di amónico, de acuerdo a las dosis en los tratamientos establecidos.

### **d) Instalación**

La instalación del ensayo se realiza en un área de 42 m<sup>2</sup>, con la distribución establecida.

### **e) Riego y desmalezado**

El riego se realizó con microaspersores del modelo Aquamaster 2005, además se ejecutó el desmalezado siguiendo el programa establecido por la empresa.

## **3.2 Técnicas para el procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información se utilizará las siguientes técnicas:

- Modelo aditivo lineal de un Diseño Completamente Aleatorizado. De 6 tratamientos y 5 repeticiones.
- Ordenamiento y clasificación de la información recogida a través de los instrumentos de recolección de datos.
- Registro y procesamiento computarizado haciendo uso del software Rstudio para la realización del análisis estadístico de la información hallada en los instrumentos de recolección de datos. Se utilizará la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Altura de planta

En la Tabla 5 se presenta el análisis de varianza para la altura de planta (4 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,571 > 0,05.

El promedio general para la altura de planta fue de 12,33 cm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 8,09%.

Tabla 5

*Análisis de varianza para altura de planta (cm) – 4 semanas después de la siembra*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	$p$ -valor	Significancia
Tratamiento	5	125	24,91	0,773	0,571	No significativo
Error	144	4643	32,25			
Total	149	4768				

Promedio 12,33

CV (%) 8,09%

En la Tabla 6 se presenta el análisis de varianza para la altura de planta (6 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,36 > 0,05.

El promedio general para la altura de planta fue de 18,57 cm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 6,93%.

Tabla 6

*Análisis de varianza para altura de planta (cm) – 6 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	208	41,51	1,105	0,360	No significativo
Error	144	5409	37,56			
Total	149	5617				

Promedio 18,57

CV (%) 6,93%

En la Tabla 7 se presenta el análisis de varianza para la altura de planta (8 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que si hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p\text{-valor}=0,011 < 0,05$ .

El promedio general para la altura de planta fue de 20,94 cm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 9,18%.

Tabla 7

*Análisis de varianza para altura de planta (cm) – 8 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	462	92,5	3,098	0,011	Significativo
Error	144	4300	29,86			
Total	149	4762				

Promedio 20,94

CV (%) 9,18%

En la Tabla 8 se presenta el análisis de varianza para la altura de planta (10 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos

(aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor= $2,79e^{-6} < 0,05$ .

El promedio general para la altura de planta fue de 26,08 cm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 14,56%.

Tabla 8

*Análisis de varianza para altura de planta (cm) – 10 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	1783	356,8	7,502	2,79*e <sup>-6</sup>	Significativo
Error	144	6796	47,5			
Total	149	8579				
Promedio	26,08					
CV (%)	14,56					

En la Tabla 9 se observa la altura de planta (cm) del plátano bellaco Harton en distintas etapas: a las 4, 6, 8 y 10 semanas después de la siembra. En relación a la primera medición, se observó que el tratamiento T1 obtuvo la mayor altura (13,43 cm), para la segunda medición la mayor altura fue para el tratamiento T5 (20,60 cm), para la tercera medición la mayor altura correspondió al tratamiento T5 (24,71 cm) y para la última medición el tratamiento T5 obtuvo la mayor altura (32,76 cm). No se observó correspondencia entre el aumento de la altura de planta con las dosis aplicadas en las distintas fechas evaluadas.

Mediante la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5% no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados a las 4 y 8 semanas después de la siembra, sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T0 (sin aplicación) y tratamiento T5 aplicados 8 semanas después de la siembra; a las 10 semanas después de la siembra, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T0 (sin aplicación) y los tratamientos T4 y T5.

Tabla 9

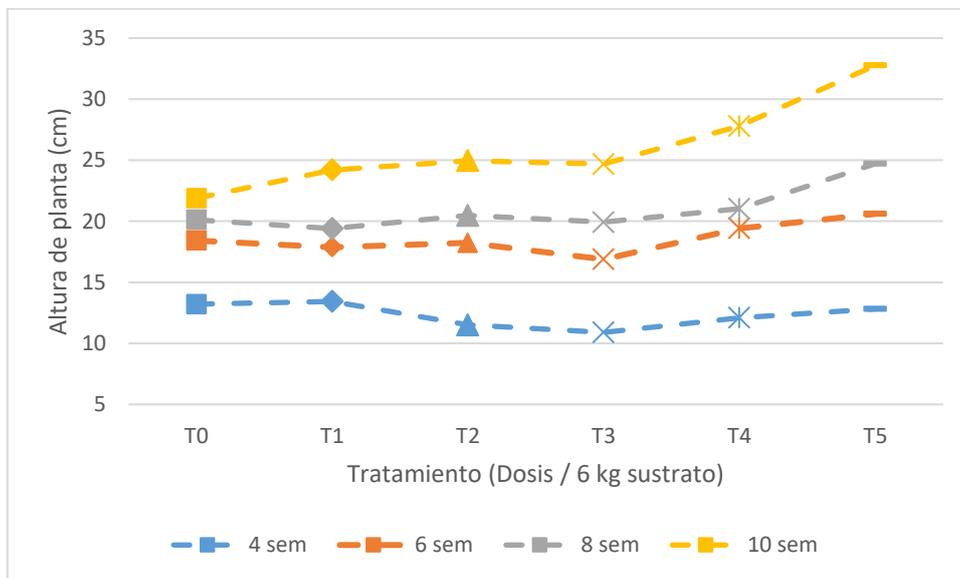
*Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en la altura de planta (cm) del plátano bellaco Hartón (Musa AAB)*

Tratamiento (Dosis / 6 kg sustrato)	Altura de planta (cm)				
	Semanas después de la siembra				
	4	6	8	10	
T5	1,50	12,82 a	20,60 a	24,71 a	32,76 a
T4	1,25	12,10 a	19,41 a	21,02 ab	27,80 ab
T2	0,50	11,51 a	18,23 a	20,47 ab	24,96 bc
T3	1,00	10,90 a	16,88 a	19,92 b	24,68 bc
T1	0,25	13,43 a	17,88 a	19,40 b	24,20 bc
T0	0	13,21 a*	18,42 a*	20,12 b*	21,88 c*
Promedio		12,33	18,57	20,94	26,08
CV (%)		8,09	6,93	9,18	14,56

\*Medias seguidas de la misma letra en la columna, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%

Figura 3

*Altura de planta de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico*



## 4.2. Diámetro de pseudotallo

En la Tabla 10 se presenta el análisis de varianza para el diámetro de pseudotallo (4 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor = 0,311 > 0,05.

El promedio general para el diámetro de pseudotallo fue de 16,52 mm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 5,77%.

Tabla 10

*Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo (mm) – 4 semanas después de la siembra*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	$p$ -valor	Significancia
Tratamiento	5	113,60	22,72	1,203	0,311	No significativo
Error	144	2719,80	18,89			
Total	149	2833,40				

Promedio 16,52

CV (%) 5,77

En la Tabla 11 se presenta el análisis de varianza para el diámetro de pseudotallo (6 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,0558 > 0,05. El promedio general para el diámetro de pseudotallo fue de 19,02 mm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 6,16%.

Tabla 11

*Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo (mm) – 6 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significación</b>
Tratamiento	5	173,80	34,76	2,216	0,0558	No significativo
Error	144	2259,10	15,69			
Total	149	2432,90				

Promedio 19,02

CV (%) 6,16

En la Tabla 12 se presenta el análisis de varianza para el diámetro de pseudotallo (8 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,00046 < 0,05. El promedio general para el diámetro de pseudotallo fue de 24,13 mm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 12,44%.

Tabla 12

*Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo (mm) – 8 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significación</b>
Tratamiento	5	1003	200,69	4,770	0,00046	Significativo
Error	144	6059	42,08			
Total	149	7062				

Promedio 24,13

CV (%) 12,44

En la Tabla 13 se presenta el análisis de varianza para el diámetro de pseudotallo (10 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia

estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor= $5,49e^{-5} < 0.05$ .

El promedio general para el diámetro de pseudotallo fue de 25,33 mm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 13%.

Tabla 13

*Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo (mm) – 10 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	1237	247,33	5,894	$5,49 * e^{-6}$	Significativo
Error	144	6042	41,96			
Total	149	7279				

Promedio 25,33

CV (%) 13,0

En la Tabla 14 se observa el diámetro de pseudotallo (mm) del plátano bellaco Harton en distintas etapas: a las 4, 6, 8 y 10 semanas después de la siembra. En relación a la primera medición, se observó que el tratamiento T5 obtuvo el mayor diámetro (17,44 mm), para la segunda medición la mayor altura fue para el tratamiento T5 (21,08 mm), para la tercera medición el mayor diámetro correspondió al tratamiento T5 (29,62 mm) y para la cuarta medición el tratamiento T5 obtuvo el mayor diámetro (31,39 mm).

Mediante la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5% no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados a las 4 y 6 semanas después de la siembra, sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T0 (sin aplicación) y tratamiento T5 aplicado a las 6 semanas después de la siembra; a las 8 semanas después de la siembra, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T0 (sin aplicación) y el tratamiento T5.

Tabla 14

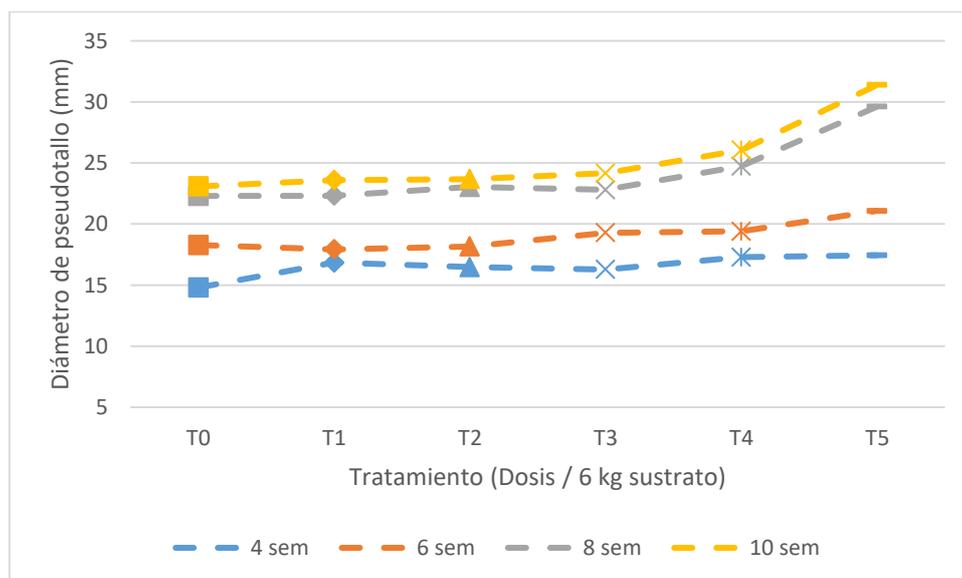
*Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en el diámetro de pseudotallo de planta (mm) del plátano bellaco Harton (Musa AAB)*

Tratamiento (Dosis / 6kg sustrato)	Diámetro de pseudotallo (mm)				
	Semanas después de la siembra				
	4	6	8	10	
T5	1,50	17,44 a	21,08 a	29,62 a	31,39 a
T4	1,25	17,28 a	19,40 a	24,74 ab	26,06 b
T3	1,00	16,28 a	19,28 a	22,80 b	24,16 b
T2	0,50	16,48 a	18,16 a	23,04 b	23,67 b
T1	0,25	16,84 a	17,92 a	22,32 b	23,60 b
T0	0	14,80 a	18,28 a	22,30 b	23,08 b
Promedio		16,52	19,02	24,13	25,33
CV (%)		5,77	6,16	12,44	13,00

\*Medias seguidas de la misma letra en la columna, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%

Figura 4

*Diámetro de pseudotallo de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico*



### 4.3. Longitud de raíz

En la Tabla 15 se presenta el análisis de varianza para longitud de raíz (4 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,385 > 0,05.

El promedio general para la longitud de raíz fue de 70,70 cm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 25,90%.

Tabla 15

*Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) – 4 semanas después de la siembra*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	$p$ -valor	Significancia
Tratamiento	5	8386	1677	1,103	0,385	No significativo
Error	24	36507	1521			
Total	29	44893				

Promedio 70,70

CV (%) 25,90

En la Tabla 16 se presenta el análisis de varianza para longitud de raíz (8 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,518 > 0,05.

El promedio general para la longitud de raíz fue de 400,40 cm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 16,95%.

Tabla 16

*Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) – 8 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	115214	23043	0,866	0,518	No significativo
Error	24	638685	26612			
Total	29	753899				

Promedio 400,40

CV (%) 16,95

En la Tabla 17 se presenta el análisis de varianza para longitud de raíz (10 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p\text{-valor}=0,162 > 0,05$ .

El promedio general para la longitud de raíz fue de 430,01 cm y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 16,81%.

Tabla 17

*Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) – 10 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	130664	26133	1,746	0,162	No significativo
Error	24	359220	14968			
Total	29	489884				

Promedio 430,01

CV (%) 16,81

En la Tabla 18 se observa la longitud de raíz del plátano bellaco Harton en distintas etapas: 4, 8 y 10 semanas después de la siembra. En relación a la medición realizada 4 semanas

después de la siembra, se observó que el tratamiento T3 obtuvo la mayor longitud (99 cm), para 8 semanas después de la siembra la mayor altura fue para el tratamiento T1 (493,74 cm), mientras que para 10 semanas después de la siembra la mayor longitud correspondió al tratamiento T3 (519,98 cm). Para la primera medición, se observó que hubo correspondencia entre el aumento de longitud de raíz con las dosis aplicadas, para las dos fechas siguientes no se observó aumento de longitud con la dosis aplicada.

Mediante la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5% no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados durante los días evaluados.

Tabla 18

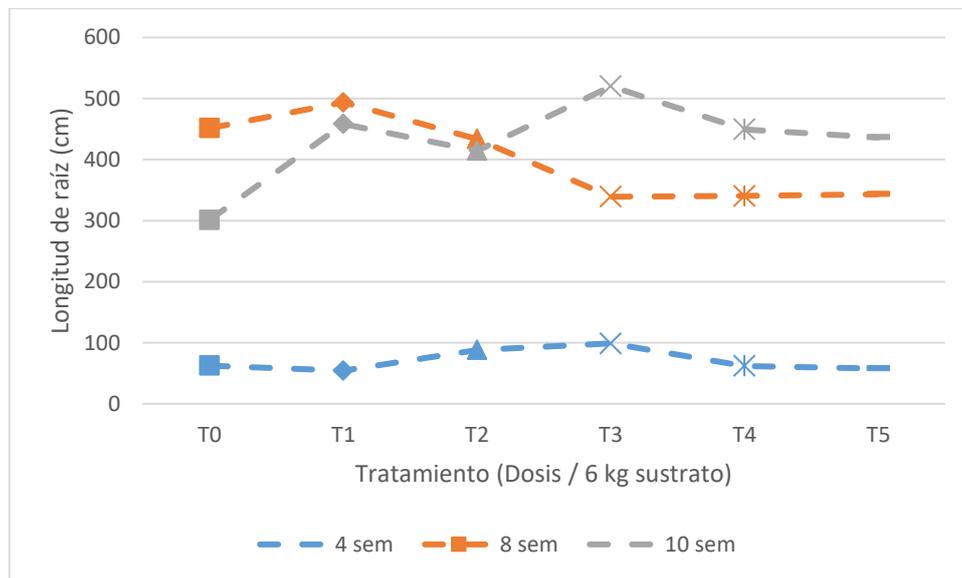
*Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en la longitud de raíz (cm) del plátano bellaco Harton (Musa AAB)*

Tratamiento (Dosis / 6kg sustrato)		Longitud de raíz (cm)		
		Semanas después de la siembra		
		4	8	10
T3	1,00	99,00 a	339,16 a	519,98 a
T1	0,25	54,40 a	493,74 a	458,40 a
T4	1,25	62,20 a	340,50 a	449,46 a
T5	1,50	57,80 a	343,46 a	436,44 a
T2	0,50	88,20 a	433,90 a	414,48 a
T0	0	62,60 a	451,66 a	301,28 a
Promedio		70,70	400,40	430,01
CV (%)		25,90	16,95	16,81

\*Medias seguidas de la misma letra en la columna, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%

Figura 5

*Longitud de raíz de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico*



#### 4.4. Peso fresco de raíz

En la Tabla 19 se presenta el análisis de varianza para el peso fresco de raíz (4 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,769 > 0,05.

El promedio general para el peso fresco de raíz fue de 3,96 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 32,55%.

Tabla 19

*Análisis de varianza para peso fresco de raíz (g) – 4 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	65	13,07	0,506	0,769	No significativo
Error	24	620	25,82			
Total	29	685				

Promedio 5

CV (%) 32,55

En la Tabla 20 se presenta el análisis de varianza para el peso fresco de raíz (8 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,826 > 0,05.

El promedio general para el peso fresco de raíz fue de 22,00 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 17,23%.

Tabla 20

*Análisis de varianza para peso fresco de raíz (g) – 8 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	359	71,88	0,426	0,826	No significativo
Error	24	4046	168,58			
Total	29	4405				

Promedio 22,00

CV (%) 17,23

En la Tabla 21 se presenta el análisis de varianza para el peso fresco de raíz (10 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de

tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,0113 < 0.05.

El promedio general para el peso fresco de raíz fue de 29,98 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 31,46%.

Tabla 21

*Análisis de varianza para peso fresco de raíz (g) – 10 semanas después de la siembra*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	$p$ -valor	Significancia
Tratamiento	5	2225	445,1	3,795	0,0113	Significativo
Error	24	2815	117,3			
Total	29	5040				

Promedio 29,98

CV (%) 31,46

En la Tabla 22 se observa el peso fresco (g) de raíz del plátano bellaco Harton en distintas etapas: 4, 8 y 10 semanas después de la siembra. En relación a la primera medición, se observó que el tratamiento T3 obtuvo el mayor peso (7,80 g), para la segunda evaluación el mayor peso fue para el tratamiento T2 (26,12 g), mientras que para la última medición el mayor peso correspondió al tratamiento T5 (42,38 g). Para las dos primeras mediciones se observó que no hubo correspondencia entre el aumento del peso fresco con las dosis aplicadas, para la última medición si se observó aumento de peso con la dosis aplicada.

Mediante la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5% no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados 4 y 8 semanas después de la siembra, sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T0 (sin aplicación) y tratamiento T5 aplicado a 10 semanas después de la siembra.

Tabla 22

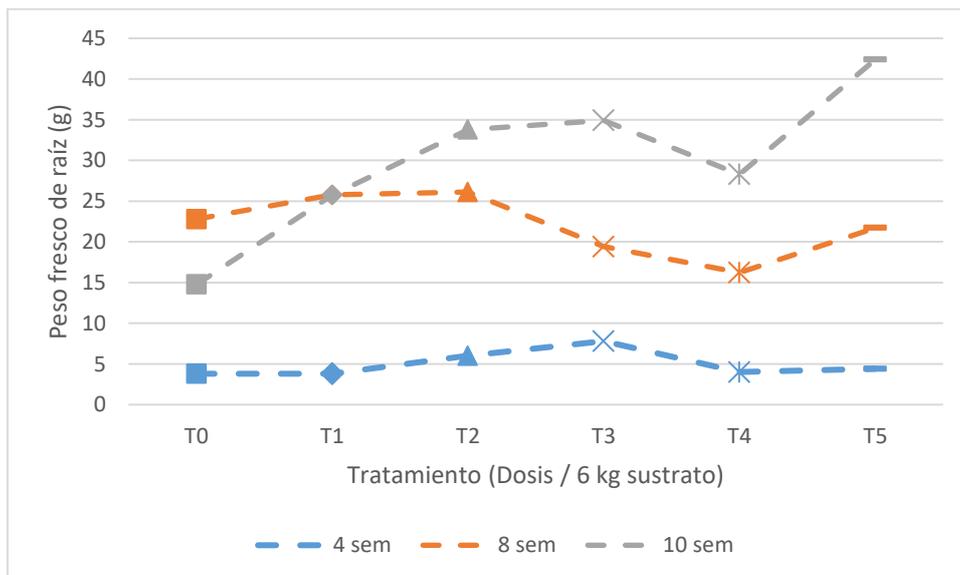
*Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en peso fresco de raíz (g) del plátano bellaco Harton (Musa AAB)*

Tratamiento (Dosis / 6 kg sustrato)		Peso fresco de raíz (g)		
		Semanas después de la siembra		
		4	8	10
T5	1,50	4,40 a	21,70 a	42,38 a
T3	1,00	7,80 a	19,42 a	34,92 ab
T2	0,50	6,00 a	26,12 a	33,78 ab
T4	1,25	4,00 a	16,22 a	28,30 ab
T1	0,25	3,80 a	25,76 a	25,74 ab
T0	0	3,80 a	22,78 a	14,76 b
Promedio		3,96	22,00	29,98
CV (%)		32,55	17,23	31,46

\*Medias seguidas de la misma letra en la columna, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%

Figura 6

*Peso fresco de raíz de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico.*



#### 4.5. Peso seco de raíz

En la Tabla 23 se presenta el análisis de varianza para el peso seco de raíz (8 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,952 > 0,05.

El promedio general para el peso seco de raíz fue de 2,16 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 13%.

Tabla 23

*Análisis de varianza para peso seco de raíz (g) – 8 semanas después de la siembra*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	p-valor	Significancia
Tratamiento	5	1,97	0,3931	0,217	0,952	No significativo
Error	24	43,49	1,812			
Total	29	45,46				

Promedio 2,16

CV (%) 13,00

En la Tabla 24 se presenta el análisis de varianza para el peso seco de raíz (10 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,00498 < 0,05.

El promedio general para el peso seco de raíz fue de 2,72 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 29,92%.

Tabla 24

*Análisis de varianza para peso seco de raíz (g) – 10 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	16,56	3,312	4,489	0,00498	Significativo
Error	24	17,71	0,738			
Total	29	34,3				

Promedio 2,72

CV (%) 29,92

En la Tabla 25 se observa el peso seco de raíz del plátano bellaco Harton en distintas etapas: 4, 8 y 10 semanas después de la siembra. En relación a la primera medición el peso seco fue igual para los tratamientos aplicados, para la segunda medición el mayor valor fue para el tratamiento T2 (2,32 g) y para la última medición el mayor valor correspondió al tratamiento T5 (4,10 g). Se observó que no hubo correspondencia entre el aumento del peso seco de raíz con las dosis aplicadas.

Mediante la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5% no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en las 4 y 8 semanas después de la siembra, sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T0 (sin aplicación) y tratamiento T5 aplicado 10 semanas después de la siembra.

Tabla 25

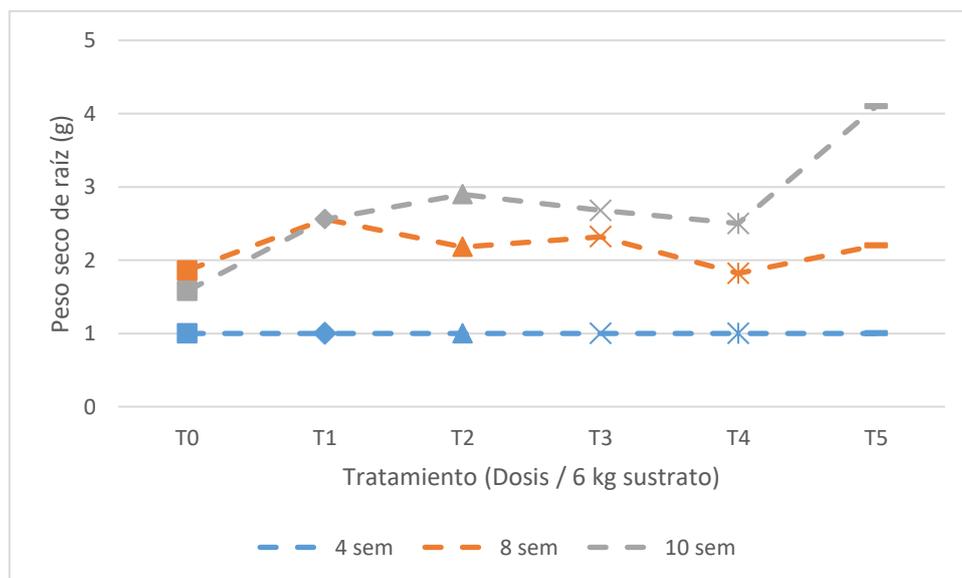
*Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en peso seco de raíz (g) del plátano bellaco Harton (Musa AAB)*

Tratamiento (Dosis / 6kg sustrato)	Peso seco de raíz (g)			
	Semanas después de la siembra			
	4	8	10	
T5	1,5	1,00 a	2,20 a	4,10 a
T2	0,5	1,00 a	2,18 a	2,90 ab
T3	1	1,00 a	2,32 a	2,68 ab
T1	0,25	1,00 a	2,56 a	2,56 ab
T4	1,25	1,00 a	1,82 a	2,50 ab
T0	0	1,00 a	1,86 a	1,58 b
Promedio		1,00	2,16	2,72
CV (%)		0,00	13	29,92

\*Medias seguidas de la misma letra en la columna, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%

Figura 7

*Peso seco de raíz de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico.*



#### 4.6. Peso fresco tallos y hojas

En la Tabla 26 se presenta el análisis de varianza para el peso fresco de tallos y hojas (4 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,106 > 0,05.

El promedio general para el peso fresco de tallos y hojas fue de 22,90 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 23,21%.

Tabla 26

*Análisis de varianza para peso fresco de tallos y hojas (g) – 4 semanas después de la siembra*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	$p$ -valor	Significancia
Tratamiento	5	706,7	141,3	2,063	0,106	No significativo
Error	24	1644,0	68,5			
Total	29	2350,7				

Promedio 22,90

CV (%) 23,21

En la Tabla 27 se presenta el análisis de varianza para el peso fresco de tallos y hojas (8 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,0059 < 0,05.

El promedio general para el peso fresco de tallos y hojas fue de 112,80 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 36,45%.

Tabla 27

*Análisis de varianza para peso fresco de tallos y hojas (g) – 8 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	42264	8453	4,432	0,0059	Significativo
Error	24	46721	1947			
Total	29	88985				

Promedio 112,80

CV (%) 36,45

En la Tabla 28 se presenta el análisis de varianza para el peso fresco de tallos y hojas (10 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,00216 < 0.05.

El promedio general para el peso fresco de tallos y hojas fue de 138,80 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 38,49%.

Tabla 28

*Análisis de varianza para peso fresco de tallos y hojas (g) – 10 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	71376	14275	5,241	0,00216	Significativo
Error	24	65373	2724			
Total	29	136749				

Promedio 138,80

CV (%) 38,49

En la Tabla 29 se observa el peso fresco (g) de tallos y hojas del plátano bellaco Harton en distintas etapas: 4, 8 y 10 semanas después de la siembra. En relación a la primera medición,

se observó que el tratamiento T4 obtuvo el mayor peso (30,00 g), para la segunda medición el mayor valor fue en el tratamiento T5 (121,40 g), para la última medición el mayor peso correspondió al tratamiento T5 (239,20 g). Se observó que hubo correspondencia entre el aumento del peso fresco de tallos y hojas con las dosis aplicadas para las mediciones realizadas 4 y 8 semanas después.

Mediante la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5% no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados 4 y 10 semanas después de la siembra, sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T0 (sin aplicación) y el tratamiento T2 aplicado 8 semanas después de la siembra.

Tabla 29

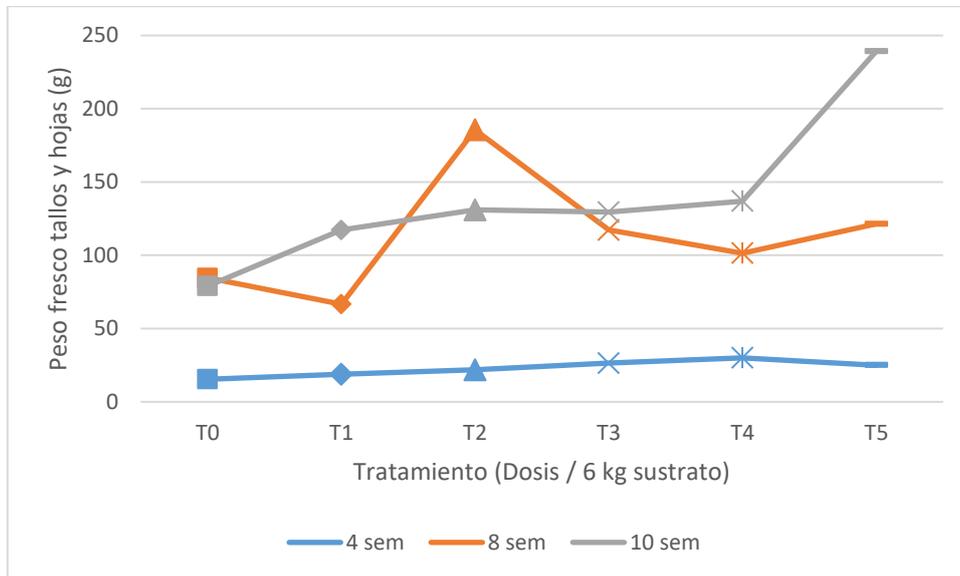
*Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en peso fresco de tallos y hojas (g) del plátano bellaco Harton (Musa AAB)*

Tratamiento (Dosis / 6 kg sustrato)		Peso fresco tallos y hojas (g)		
		Semanas después de la siembra		
		4	8	10
T5	1,5	25,00 a	121,40 ab	239,20 a
T4	1,25	30,00 a	101,40 ab	137,00 b
T2	0,5	21,80 a	185,60 a	131,00 b
T3	1	26,40 a	117,20 ab	129,40 b
T1	0,25	18,80 a	66,60 b	117,20 b
T0	0	15,40 a	84,60 b	79,00 b
Promedio		22,90	112,80	138,80
CV (%)		23,21	36,45	38,49

\*Medias seguidas de la misma letra en la columna, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%

Figura 8

*Peso fresco de tallos y hojas de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico*



#### 4.7. Peso seco de tallos y hojas

En la Tabla 30 se presenta el análisis de varianza para el peso seco de tallos y hojas (4 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor =  $1,92 * e^{-5} < 0,05$ .

El promedio general para el peso seco de tallos y hojas fue de 1,78 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 31,4%.

Tabla 30

*Análisis de varianza para peso seco de tallos y hojas (g) – 4 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	7,84	1,568	0,784	0,571	Significativo
Error	24	48,00	2,000			
Total	29	55,84				

Promedio 1,78

CV (%) 31,4

En la Tabla 31 se presenta el análisis de varianza para el peso seco de tallos y hojas (8 semanas después de la siembra donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor=0,632 > 0,05.

El promedio general para el peso seco de tallos y hojas fue de 7,22 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 16,31%.

Tabla 31

*Análisis de varianza para peso seco de tallos y hojas (g) – 8 semanas después de la siembra*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	5	34,65	6,929	0,696	0,632	No significativo
Error	24	239,06	9,961			
Total	29	273,71				

Promedio 7,22

CV (%) 16,31

En la Tabla 32 se presenta el análisis de varianza para el peso seco de tallos y hojas (10 semanas después de la siembra), donde se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos (aplicación de diferentes dosis de fosfato diamónico) existe suficiente evidencia

estadística para afirmar que hubo diferencias entre los tratamientos dado que el  $p$ -valor= $1,92 \cdot e^{-5} < 0,05$ .

El promedio general para el peso seco de tallos y hojas fue de 10,55 g y el coeficiente de variabilidad determinado fue de 35,41%.

Tabla 32

*Análisis de varianza para peso seco de tallos y hojas (g) – 10 semanas después de la siembra*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	p-valor	Significancia
Tratamiento	5	349,2	69,83	10,54	$1,92 \cdot e^{-5}$	Significativo
Error	24	159	6,63			
Total	29	508,2				

Promedio 10,55

CV (%) 35,41

En la Tabla 33 se observa el peso seco (g) de tallos y hojas del plátano bellaco Harton para distintas mediciones realizadas 4, 8 y 10 semanas después de la siembra. En relación a primera medición se observó que el tratamiento T3 obtuvo el mayor valor (2,60 g), para la segunda medición el mayor valor fue para el tratamiento T0 (8,60 g), para la última medición el mayor peso correspondió al tratamiento T5 (17,40 g). No se observó correspondencia entre el aumento del peso seco de tallos y hojas con las dosis aplicadas.

Mediante la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5% no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en las dos primeras mediciones, sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T0 (sin aplicación) y tratamiento T5 aplicado 10 semanas después de la siembra.

Tabla 33

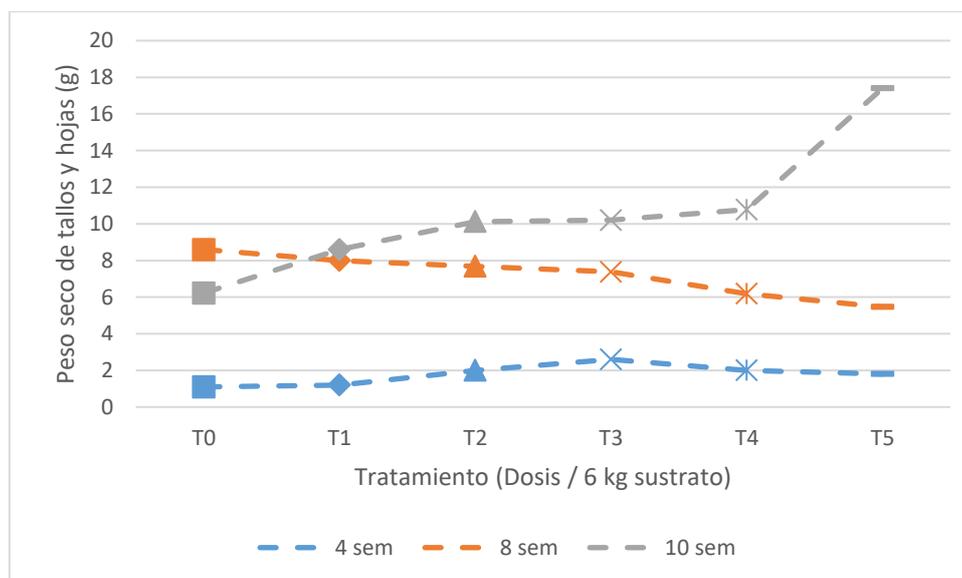
*Efecto de la aplicación de fosfato diamónico en peso seco (g) de tallos y hojas del plátano bellaco Harton (Musa AAB)*

Tratamiento (Dosis / 6kg sustrato)	Peso seco de tallos y hojas			
	Semanas después de la siembra			
	4	8	10	
T5	1,5	1,80 a	5,46 a	17,40 a
T4	1,25	2,00 a	6,18 a	10,78 b
T3	1	2,60 a	7,38 a	10,20 b
T2	0,5	2,00 a	7,68 a	10,12 b
T1	0,25	1,20 a	8,00 a	8,60 b
T0	0	1,10 a	8,60 a	6,22 b
Promedio		1,48	7,22	10,55
CV (%)		31,4	16,31	35,41

\*Medias seguidas de la misma letra en la columna, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%

Figura 9

*Peso seco de tallos y hojas de plátano bellaco Harton bajo aplicación de fosfato diamónico*



## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados observados, sólo se evidenciaron mejoras en la altura de planta bajo el tratamiento T5 (1,5 onzas FDA / 6 kg sustrato) a las 6 y 8 semanas después de la siembra. Observándose las mayores medias a las 8 y 10 semanas. Sin embargo, estudios previos determinaron que no hubo relación entre la dosis con el aumento de la altura de planta como Romero (2019) que determinó que para 2 meses después del plantado los tratamientos correspondientes a fertilización química (fosfato diamónico) y orgánica (carente de fosfato diamónico) no mostraron efectos diferenciados sobre la altura de planta de plátano. Del mismo modo, Deras (2019) determinó que no hubo relación entre la dosis de fertilización con fosfato monoamónico con el crecimiento de la altura de la planta.

En relación al diámetro de pseudotallo, solo se evidenciaron mejoras bajo el tratamiento T5 (1,5 onzas FDA / 6 kg sustrato) a las 6 y 8 semanas después de la siembra. Observándose las mayores medias a las 8 y 10 semanas. Romero (2019) determinó que los tratamientos no mostraron diferencias significativas sobre el diámetro de pseudotallo, del mismo modo Deras (2019).

Respecto a la longitud de raíz, no se evidenciaron mejoras bajo los tratamientos aplicados. Los resultados referentes al peso fresco de raíz, solo evidenciaron mejoras bajo el tratamiento T5 (1,5 onzas FDA / 6 kg sustrato) a las 10 semanas después de la siembra; observándose las mayores medias a 10 semanas después de la siembra. De acuerdo a los resultados obtenidos de peso seco de raíz, solo se evidenciaron mejoras bajo el tratamiento T5 (1,5 onzas FDA / 6 kg sustrato) a las 10 semanas después de la siembra; observándose las mayores medias a 10 semanas después de la siembra. En referencia a los resultados de peso fresco de tallos y hojas de plátano, solo se evidenciaron mejoras bajo el tratamiento T2 (0,5 onzas FDA / 6 kg sustrato) a las 8 semanas después de la siembra; observándose las mayores medias a 10 semanas después de la siembra. Respecto al peso seco de tallos y hojas, se evidenciaron mejoras bajo el tratamiento T5 (1,5 onzas FDA / 6 kg sustrato) a las 10 semanas después de la siembra; observándose las mayores medias a las 10 semanas después de la siembra. Vivas et al. (2018) señalan que el efecto de la fertilización con fósforo no influye directamente el aumento o disminución de la producción, es decir no tiene efecto en el rendimiento del plátano. Del mismo modo Cardona et al. (2017) mencionan que el requerimiento de fósforo por la planta de plátano es relativamente bajo, debido a la movilidad y capacidad de reutilización dentro de la planta.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

La aplicación de fosfato diamónico, como fertilizante fosfórico, tuvo efectos en el desarrollo vegetativo. En relación a la altura de planta, se observaron efectos bajo la dosis de 1,5 onzas de fosfato diamónico por cada 6 kg de sustrato a 8 y 10 semanas después de la siembra. Asimismo, bajo la misma dosis, se observaron efectos para el diámetro de pseudotallo a 6 y 8 semanas después de la siembra.

La aplicación de fosfato diamónico no tuvo efectos sobre el desarrollo radicular de plántones de plátano.

En relación al incremento de biomasa de plántones de plátano, la aplicación de fosfato diamónico bajo la dosis de 1,5 onzas de fosfato diamónico por cada 6 kg de sustrato tuvo efectos sobre el peso fresco de raíz, peso seco de raíz y peso seco de tallos y hojas a las 10 semanas después de la siembra, y bajo la dosis de 0,5 onzas de fosfato diamónico por cada 6 kg de sustrato tuvo efectos sobre el peso fresco de tallos y hojas a las 8 semanas después de la siembra.

### **6.2 Recomendaciones**

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda el uso de fosfato di amónico u otra fuente de fosforo, como fertilización de fondo en la propagación de vivero, para acelerar el desarrollo de los plántones e instalarlos en campo definitivo.

Se recomienda validar los resultados obtenidos, realizando investigaciones en otras localidades. Siguiendo la misma metodología y empleando los mismos tratamientos.

Se recomienda extender la investigación hasta la cosecha, para evaluar la repercusión de la fertilización fosfórica en la etapa de vivero, respecto al rendimiento en cosecha.

## CAPITULO VII. REFERENCIAS

- Abreu Olivo, E. A., Gutiérrez, A., Quintero, M. L., Molina, L. E., Anido, J. D., Ablan, E., Cartay, R., & Mercado, C. E. (2007). *El Cultivo del plátano en Venezuela. Desde el Campo Hasta la Mesa*. Universidad de los Andes.
- Agroproductores. (2021, enero 31). *Fosfato diamónico*. <https://bit.ly/3TIEfVI>
- Aguilar, M., Reyes, G. y Acuña, M. (2004). *Métodos alternativos de propagación de semilla agámica de plátano (Musa sp.)*. <https://repositorio.una.edu.ni/2406/1/nf02a283m.pdf>
- Álvaro G.J. (2019, mayo 9). *Macronutrientes del suelo*. Fertibox. <https://bit.ly/3CWXFQs>
- Atalaya Montes, Y. F. D. L., & Retamozo Garcia, R. G. (2019). *Fertilización orgánica para evaluar el rendimiento de Banano híbrido FHIA 17 (Musa acuminata) en San Ramón- Chanchamayo* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1768>
- Avellán-Vásquez, L., Cobeña-Loor, N., Estévez-Chica, S., Zamora-Macías, P., Vivas-Cedeño, J., González-Ramírez, I., Sánchez-Urdaneta, A. B., Avellán-Vásquez, L., Cobeña-Loor, N., Estévez-Chica, S., Zamora-Macías, P., Vivas-Cedeño, J., González-Ramírez, I., & Sánchez-Urdaneta, A. B. (2020). Exportación y eficiencia del uso de fósforo en plátano ‘barraganete’ (*Musa paradisiaca* L.). *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 25-33. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.25>
- Bernuy Cueva, L. J. (2020). *Exportación de plátano Var. Bellaco—Harton, a Los Ángeles, Ca—USA, vía puerto Callao* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad San Martín de Porres]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7255>
- Bolaños, M. (2020). *Plátano (Musa AAB), manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. [http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion\\_bogota/Manuales/01-manual-platano-2020-EBOOK.pdf](http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/01-manual-platano-2020-EBOOK.pdf)

- Boletinagrario. (2022, agosto 26). *YEMA - ¿Qué es yema? - Significado, definición, traducción y sinónimos para yema.* <https://boletinagrario.com/ap-6,yema,842.html>
- Cardona, L., Betancourt, M., Rodriguez, G., Patiño, A., Palacios, S., García, B. y Bedoya, C. (2017). *Cultivo de plátano, prácticas y recomendaciones.* Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal - USARC. [https://www.researchgate.net/publication/350358277\\_Cultivo\\_del\\_platano\\_practicas\\_y\\_recomendaciones](https://www.researchgate.net/publication/350358277_Cultivo_del_platano_practicas_y_recomendaciones)
- Cardona, W. A., Osorno, H. M., Montealegre, L. G. B., Parra, C. E. O., Montoya, J. A. V., Benavides, M. M. B., Santos, J. L. C., Bonilla, M. de J. L., y Cárdenas, D. M. M. (2020). *Recomendaciones tecnológicas para el cultivo de plátano con destino a mercados especializados.* Editorial AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404418>
- Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas, F., Avalos, G., López Ocaña, C., Villena, D., Valdez, M., Urbiola, J., Trebejo, I., Menis, L. y Marín, D. (2021). *Climas del Perú: Mapa de clasificación climática.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Deras, J. R. (2019). *Evaluación de cuatro programas de nutrición en la producción de banano en la finca Guadalupana, San Manuel Cortés, Honduras* [Tesis de Pregrado, Universidad Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/items/7b3aa1ca-c7d5-46b3-aa65-4ea99601a227>
- Díaz Rivera, M. (2017). *Manual práctico para el cultivo sustentable del plátano.* Universidad de Puerto Rico. <https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=15184>
- Dicciomed. (2017, noviembre 26). *Diccionario médico-biológico, histórico y etimológico.* <https://dicciomed.usal.es/palabra/cormo>
- Ecorfan. (2017). Principales plagas y enfermedades del banano. *ECORFAN - Bolivia*, 4(13), 25.

- Gimtrac. (2018, abril 25). *¿Qué es la Propagación Vegetativa?* <https://www.gimtrac.com.mx/index.php/node/1354>
- INEI. (2019). *Perú: Panorama económico departamental 2018* (Técnico N.º 2; p. 28). Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://bit.ly/3cJKesr>
- INEI. (2021). *Perú: Panorama económico departamental 2021* (Técnico N.º 5; p. 28). Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://bit.ly/3CXEzcu>
- INEI. (2022). *Perú: Panorama económico departamental 2022* (Técnico N.º 03; p. 28). Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://bit.ly/3RB2rHz>
- Lardizabal, R. (2007). *Manual de producción de plátano de alta densidad*. MCA-Honduras / EDA. <https://bit.ly/3cL47PN>
- López M, A. (2018). *Manual de nutrición y fertilización del banano*. International Plant Nutrition Institute. <https://bit.ly/3KKsGZM>
- Merino, E. (2014). *Cadena de valor del sistema de producción - Comercialización del plátano bellaco (Musa paradisiaca L.) var Hartón. Propuesta de estrategias de fortalecimiento de la competitividad del sector platanero den el distrito de Padre Abad - Aguaytia, año 2013* [Tesis de maestría, Universidad Jorge Basadre Grohman]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/986>
- MINAGRICULTURA. (2020). *Cadena de plátano*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Colombia. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos>
- Orús, A. (2022, mayo 20). *Fruta fresca: Consumo per cápita a nivel mundial por tipo en 2021*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1309746/consumo-per-capita-de-fruta-fresca-a-nivel-mundial-por-tipo/>
- Oviedo, F. (2021, noviembre 25). *Conoce los 6 tipos de plátano favoritos de los peruanos*. *La República*. <https://larepublica.pe/gastronomia/2021/11/25/las-6-variedades-de-platano-peruano-mas-consumidas-al-2021-evat/>
- Peña Córdova, A. J. (2019). *Aplicación de tres niveles de biol sobre el rendimiento y calidad del fruto de banano orgánico (Musa acuminata L.) en el valle del Chira, 2017* [Tesis

- de Pregrado, Universidad Nacional de Piura].  
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2080>
- RAE. (2021). *Definición de clon*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/clon>
- Rodríguez Pinedo, M. (2019). *Influencia de la altura de corte del pseudotallo y niveles de nitrógeno en la inducción de hijuelos de plátano (Musa paradisiaca) CV. "bellaco Plantano" en Tingo María* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1703>
- Romero Cañari, L. (2019). *Efecto de la fertilización orgánica y química en la producción del cultivo de plátanos (Musa sp.) variedad isla* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND\\_29ae44530816a7ec17f7cdc9b307062f](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND_29ae44530816a7ec17f7cdc9b307062f)
- Susana. (2021, junio 11). *¿Cuáles son las frutas más consumidas en el mundo?* Growthers. <https://growthers.store/uncategorized/frutas-mas-consumidas/>
- UNAM. (2020). *Musaceae*. Universidad Nacional de Moquegua. <https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/paleo/cevallos/docencia/ppt/familias/musaceae.pdf>
- Vivas, J. S., Robles, J. O., González, I., Álava, D. A., y Meza, M. A. (2018). Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y potasio en cultivo establecido. *Dominio de Las Ciencias*, 4(1), 633-647. <https://doi.org/10.23857/dc.v4i1.772>
- Zambrano, J. R. C., Párraga, J. V. G., Cobeña, C. M. S., Jiménez-Flores, L. A. J., Cortazar, S. M. U., López-Mejía, F. X., Vásquez, L. E. A., Bravo, B. Y. B., & Urdaneta, A. B. S. (2021). Fertilización con magnesio en plátano 'Barraganete' (Musa AAB) Ecuador. *La Granja*, 35(1), 8-19. <https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.01>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### *Instalación del ensayo*



## Anexo 2

### *Desmalezado y riego*



### Anexo 3

*Medición de altura de planta y grosor de pseudotallo.*



## Anexo 4

### *Sección de planta*



Anexo 5

*Evaluación de materia fresca*



## Anexo 6

### *Evaluación de materia seca*

