



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN  
COMBINACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO  
RADICULAR DEL BANANO

BARZALLO ENCALADA XAVIER EDUARDO  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FERTILIZANTES  
NITROGENADOS EN COMBINACIÓN DE ENMIENDAS  
ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO RADICULAR DEL BANANO

BARZALLO ENCALADA XAVIER EDUARDO  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN  
COMBINACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO  
RADICULAR DEL BANANO

BARZALLO ENCALADA XAVIER EDUARDO  
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 24 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA  
2021

# Tesis final

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

6%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1 Submitted to Universidad Técnica de Machala 4%  
Trabajo del estudiante

---

2 [cbseacademic.nic.in](http://cbseacademic.nic.in) <1%  
Fuente de Internet

---

3 [doaj.org](http://doaj.org) <1%  
Fuente de Internet

---

4 [es.slideshare.net](http://es.slideshare.net) <1%  
Fuente de Internet

---

5 [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net) <1%  
Fuente de Internet

---

6 [www.higiene.edu.uy](http://www.higiene.edu.uy) <1%  
Fuente de Internet

---

7 [academica-e.unavarra.es](http://academica-e.unavarra.es) <1%  
Fuente de Internet

---

8 [fyo.com](http://fyo.com) <1%  
Fuente de Internet

---

9 [www.alvelal.net](http://www.alvelal.net) <1%  
Fuente de Internet

---

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, BARZALLO ENCALADA XAVIER EDUARDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN COMBINACION DE ENMIENDAS ORGANICAS EN EL DESARROLLO RADICULAR DEL BANANO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

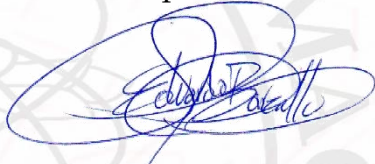
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 24 de septiembre de 2021



BARZALLO ENCALADA XAVIER EDUARDO  
0705161842



## **DEDICATORIA**

Reconozco en primer lugar a ese ser superior que llamamos Dios por haberme brindado todas las energías y ganas para seguir adelante a pesar de las circunstancias en todo mi proceso de educación superior.

Estoy gratamente bendecido con el cariño y afecto de mi madre Ing. Lola Encalada Vargas que gracias a su esfuerzo y amor incondicional nunca dejo que nada me falte y de mi padre Javier Barzallo Morocho por ser ese apoyo necesario en muchos de los trabajos de mi responsabilidad para obtener la apreciada recompensa de terminar el largo camino del aprendizaje universitario.

A mi hermanita Sofia Barzallo Encalada por ser la motivación por la cual me esfuerzo día a día para ser su ejemplo de persona de bien y que gracias a eso es un ser maravilloso en todos los aspectos de su vida siendo responsable y de buenos valores.

Eduardo Barzallo Encalada

## **AGRADECIMIENTO**

En consecuencia, de las circunstancias de la vida cada paso que doy le pido a Dios me guie con sabiduría y me proteja con paciencia para poder tener un futuro exitoso, agradeciéndole todas las noches en las que converso con él y me deja saber que me escucha cada vez que salgo a tomar las decisiones que afectarán en cada aspecto de mi vida y mis estudios.

Como toda familia con altas y bajas he sabido apreciar de cada uno el apoyo incondicional brindado para lograr esta meta cumplida de poder ser profesional capacitado, agradeciendo todo el esfuerzo de cada uno de ellos pues han sido el factor de motivación para lograr ser mejor persona, hijo, hermano y profesional día a día.

Expresar un fuerte y sincero agradecimiento a mi tutor Ing. José Quevedo Guerrero, principal colaborador durante todo este proceso, quien, con su orientación, comprensión, sabiduría y ayuda permitió el desarrollo de este trabajo guiando y compartiendo sus conocimientos técnicos y científicos para la elaboración de mi trabajo de titulación.

# **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN COMBINACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO RADICULAR DEL BANANO”**

Barzallo Encalada, Eduardo

Quevedo Guerrero, José

## **RESUMEN**

En países de clima tropical el cultivo de banano se encuentra entre los 5 primeros rubros de significancia económica en la valoración de su PIB debido a que proporciona innumerables plazas de trabajo que contribuyen a su desarrollo socioeconómico. Se establece que el impacto de producción mundial de esta fruta se encuentra por encima de los 113,9 millones de toneladas al año. Debido a la elevada demanda de minerales para la productividad los fertilizantes se han convertido en un aliado importantísimo para los productores de esta falsa baya pues aportan esas adiciones extras a los a veces escasos niveles de nutrición del suelo cultivado. Los valiosos aportes que confieren las enmiendas orgánicas indispensables para un balance correcto de la microfauna muchas veces atrofiada por las malas prácticas agrícolas que deterioran los suelos, erosionándolos y volviéndolos incapaces de soportar explotaciones de producciones agrícolas pues no solamente aportan con materia orgánica, también mejoran sus propiedades físicas y químicas. El trabajo experimental fue efectuado en la Granja Experimental Santa Inés, que se encuentra vinculada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias que pertenece a la UTMACH, establecida en la provincia de El Oro, Ecuador, cuyo objeto de investigación fue analizar los efectos de fertilizantes nitrogenados en combinación de enmiendas orgánicas en el desarrollo radicular del banano. Para el experimento



se recurrió al método de análisis de bloques al azar con 4 tratamientos. T1=Yara Rega Azutek (10 gr) + Biocarbón (5 gr) + Fossil Shell Agro (5 gr), (A + B + F); T2= Urea (10 gr) + Biocarbón (5 gr) + Fossil Shell Agro (5 gr), (U + B + F); T3=Nitrato de amonio (10 gr) + Biocarbón (5 gr) + Fossil Shell Agro (5 gr), (NAM + B + F); T4= YaraRega Azutek + (10 gr) + Nitrato de amonio (10 gr) + Urea (10 gr), (A + NAM + U). Con las variables obtenidas se analizó la data en el software SPSS versión 22. Instaurando la ANOVA de un factor en conjunto de la prueba de Tuckey al 0,05 de significancia. Resultó que el tratamiento Azutek 10 g + Urea 10 g + NAM 10g (**A + U + NAM**) fue la más significancia en las variables de altura y fuste de la planta 69.60 y 17.52 cm respectivamente, mientras que en las variables de emisión foliar y número de hojas el tratamiento de Urea 10 g + Biochar 5 g + Fossil Shell Agro 5g (**U + B + F**) alcanzaron las medias de 1.43 y 8 hojas sanas los mayores valores de medias en el cultivo de banano en la etapa vegetativa. Manifestando que la una alternativa de compuestos minerales inorgánicos combinados con enmiendas orgánicas facilitan las condiciones adecuadas debido a la mejora de los niveles de materia orgánica y microbiología del suelo aprovechado por las poblaciones crecientes de microorganismos asociados a la rizosfera, dentro de las condiciones de temperaturas cálidas cerca de la raíz proporcionadas por el biochar y pequeñas trazas de micronutrientes que contiene la tierra diatomea sirviendo eficientemente para su crecimiento en biomasa vegetal.

**Palabras Clave:** Banano, nitrogenados, rizosfera, enmiendas, biochar

# **“EVALUATION OF THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZERS IN COMBINATION OF ORGANIC AMENDMENTS ON THE ROOT DEVELOPMENT OF BANANA”**

Barzallo Encalada, Eduardo

Quevedo Guerrero, José

## **ABSTRACT**

In countries with a tropical climate, banana cultivation is among the top 5 items of economic significance in the valuation of its GDP because it provides innumerable jobs that contribute to its socioeconomic development. It is established that the impact of world production of this fruit is above 113.9 million tons per year. Due to the high demand for minerals for productivity, fertilizers have become a very important ally for the producers of this false berry as they provide those extra additions to the sometimes-low levels of nutrition of the cultivated soil. The valuable contributions conferred by the organic amendments essential for a correct balance of the microfauna many times atrophied by bad agricultural practices that deteriorate the soils, eroding them and making them unable to support agricultural production operations because they not only contribute with organic matter, they also improve their physical and chemical properties. The experimental work was carried out at the Santa Inés Experimental Farm, which is linked to the Faculty of Agricultural Sciences that belongs to the UTMACH, established in the province of El Oro, Ecuador, whose object of research was to analyze the effects of nitrogen fertilizers in combination of organic amendments in banana root development. For the experiment, the random block analysis method was used with 4 treatments. T1 = Yara Rega Azutek (10 gr) + Biochar (5 gr) + Fossil Shell Agro (5 gr), (A + B + F); T2 = Urea (10 gr) + Biochar (5 gr) + Fossil Shell Agro (5 gr), (U + B + F); T3

= Ammonium nitrate (10 gr) + Biochar (5 gr) + Fossil Shell Agro (5 gr), (NAM + B + F); T4 = YaraRega Azutek + (10 gr) + Ammonium nitrate (10 gr) + Urea (10 gr), (A + NAM + U). With the variables obtained, the data was analyzed in the SPSS version 22 software. Establishing the ANOVA of a factor as a whole of the Tuckey test at 0.05 of significance. It turned out that the treatment Azutek 10 g + Urea 10 g + NAM 10g (A + U + NAM) was the most significant in the variables of height and stem of the plant 69.60 and 17.52 cm respectively, while in the variables of foliar emission and number of leaves the treatment of Urea 10 g + Biochar 5 g + Fossil Shell Agro 5g (U + B + F) reached the means of 1.43 and 8 healthy leaves the highest values of means in the banana crop in the vegetative stage. Stating that an alternative of inorganic mineral compounds combined with organic amendments facilitate adequate conditions due to the improvement of the levels of organic matter and soil microbiology used by the growing populations of microorganisms associated with the rhizosphere, within the conditions of warm temperatures. near the root provided by the biochar and small traces of micronutrients that diatomaceous earth contains, serving efficiently for its growth in plant biomass.

**Key words:** Banana, nitrogenous, rhizosphere, amendments, biochar

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>1. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Particularidades del cultivo de banano.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.1. Origen.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2. Fenología del banano .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.3. Organografía vegetal de la planta de banano .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.4. Requerimientos edafoclimáticos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.5. Nutrición vegetal del banano.....</b>	<b>19</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Localización del experimento.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. Ubicación Geográfica.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3. Materiales de Campo .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4. Tratamientos .....</b>	<b>24</b>
<b>2.5. Diseño experimental.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.1. Modelo matemático .....</b>	<b>26</b>
<b>2.6. Metodología .....</b>	<b>27</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1. Altura de la planta .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2. Fuste de la planta .....</b>	<b>30</b>

4.3.	<b>Emisión foliar de la planta</b> .....	32
4.4.	<b>Número de hojas de la planta</b> .....	34
4.5.	<b>Área foliar de la planta a los 60 dda y 90 dda</b> .....	36
4.6.	<b>Peso de la masa del sistema radicular a los 60 dda y 90 dda</b> .....	38
4.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	41
5.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	42
6.	<b>ANEXOS</b> .....	47

### **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. a) El Oro en el Ecuador, b) Machala en El Oro y c) la ubicación del área experimental en Machala .....	23
Figura 2. Croquis del experimento .....	26

### **INDICE DE GRAFICOS**

Grafico 1. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en la altura de la planta .....	30
Grafico 2. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en el fuste de la planta .....	32
Grafico 3. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en la emisión foliar de la planta .....	34
Grafico 4. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en el número de hojas de la planta .....	36

Grafico 5. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en el área foliar.....	38
Grafico 6. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en el peso de las raíces.....	40

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Clasificación taxonómica del banano .....	13
Tabla 2. Tratamientos y composiciones de fertilizantes y enmiendas orgánicas .....	25
Tabla 3. Análisis de varianza de la altura de la planta .....	29
Tabla 4. Análisis de varianza del fuste de la planta .....	31
Tabla 5. Análisis de varianza de la emisión foliar de la planta .....	33
Tabla 6. Análisis de varianza del número de hojas de la planta.....	35
Tabla 7. Análisis de varianza del área foliar de la planta a los 60 dda y 90 dda.....	37
Tabla 8. Análisis de varianza del peso de la masa del sistema radicular a los 60 dda y 90 dda	39

### **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Biochar .....	48
Anexo 2. Fossil Shell Agro .....	48
Anexo 3. YaraRega Azutek.....	49
Anexo 4. Urea .....	49
Anexo 5. NAM.....	50
Anexo 6. Aplicación de fertilizante combinados con enmiendas orgánicas .....	50
Anexo 7. Dosificación de fertilización.....	51

Anexo 8. Evaluación de raíces sanas T1 a los 60 días .....	52
Anexo 9. Evaluación de raíces sanas T2 a los 60 días .....	53
Anexo 10. Evaluación de raíces sanas T3 a los 60 días .....	54
Anexo 11. Evaluación de raíces sanas T4 a los 60 días .....	55
Anexo 12. Peso de raíces sanas de T1 a los 60 días.....	56
Anexo 13. Peso de raíces sanas de T2 a los 60 días.....	56
Anexo 14. Peso de raíces sanas de T3 a los 60 días.....	57
Anexo 15. Peso de raíces sanas de T4 a los 60 días.....	57
Anexo 16. Evaluación de raíces sanas T1 a los 60 días.....	58
Anexo 17. Evaluación de raíces sanas T2 a los 60 días .....	59
Anexo 18. Evaluación de raíces sanas T3 a los 60 días .....	60
Anexo 19. Evaluación de raíces sanas T3 a los 60 días .....	61
Anexo 20. Peso de raíces sanas de T1, 2, 3 y a los 90 días.....	62
Anexo 21. Crecimiento y asociación de ME con la rizosfera de la planta.....	63

## INTRODUCCIÓN

El banano en muchos de los países en el que se produce generalmente tropicales y subtropicales se ha establecido como uno de los rubros con más significancia en la valoración de su PIB, creando innumerables puestos de trabajo y así contribuyendo al desarrollo económico y social. El impacto de producción mundial de este fruto se estima en 113,9 millones de toneladas (Nansamba et al., 2020).

La mayor parte de la obtención de la fruta a nivel nacional se origina en la región costera del país se aproximan a 7 millones de toneladas en unas en un área de 190.000 ha. En cuestión las principales provincias que aportan estos registros son Los Ríos, Guayas y El Oro con una capacidad de rendimientos que van desde los 38,43  $\text{Tha}^{-1}$ , 28,76  $\text{Tha}^{-1}$  y 32,17  $\text{Tha}^{-1}$ , respectivamente llevando a un rendimiento próximo en 2018 a de 37,5  $\text{Tha}^{-1}$  (Ortiz-Ulloa et al., 2021).

Las plantas de este tipo de explotación agrícola ocupan elevados niveles de nutrientes a diferencias de otros cultivos debido a su elevado nivel de extracción de macro y microelementos, para su prosperidad en el medio productivo demanda la aplicación de fertilizantes que repongan estas mermas en el suelo. Además de otros tipos de características a mejorar para obtener los mejores rendimientos es de vital importancia el desarrollo y la implementación de nuevas estrategias en la contribución de sistemas de nutrición vegetal que generen y mejoren los índices de productividad tomando en cuenta percepciones económicas y de sustentabilidad (Guimarães et al., 2020).

Para la asimilación del nitrógeno es necesario que se generen transformaciones en la rizosfera que resulten en nitratos y amonios que son las formas adecuadas para su absorción a través de la savia, por tal motivo es conveniente una fertilización que aporte este tipo de sales y iones transformados para obtener una disponibilidad y aprovechamiento más eficaz de los fertilizantes aplicados. Las



enmiendas orgánicas propician el mejoramiento de las características químicas, físicas, biológicas y conservan la sustentabilidad del campo cultivado.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar el efecto de fertilizantes nitrogenados en combinación de enmiendas orgánicas en el desarrollo radicular del banano

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Valorar el efecto de fertilizantes nitrogenados en combinación de enmiendas orgánicas en el desarrollo radicular del banano tomando en cuenta la altura, fuste, emisión foliar, número de hojas en su etapa vegetativa.
- Estimar el área foliar y el peso de la masa del sistema radicular del banano a los 60 y 90 días luego de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en combinación de enmiendas orgánicas

## 1. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1.Particularidades del cultivo de banano

#### 1.1.1. Origen

Muchos de los rasgos distintivo del banano “moderno” utilizado como cultivo es una manifestación de sus antecesores endémicos en zonas del sudeste asiático y el Pacífico occidental, estas especies diploides, generalmente no consumidas y con semillas, aún se pueden hallar en la selva boscosa nativa como *Musa balbisiana* Colla. y *Musa acuminata* Colla., de esta última diversas subespecies diploides surgieron mediante el cruzamiento de forma natural, resultando en el surgimiento de cuantiosos híbridos intraespecíficos, muchos partenocárpico, estériles femeninos y triploides en estructura genómica, pronto tomados en cuenta por sus frutos comestibles y de tal forma escogidos para su cultivación, propagación y distribuidos en muchas regiones tropicales y subtropicales (Robinson & Galan-Sauco, 2010) (**Tabla 1**).

**Tabla 1.**Clasificación taxonómica del banano

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

**Fuente:** (Robinson & Galan-Sauco, 2010)

En 1783 el científico y botánico Carlos Linneo dotó con el nombre de *Musa sapientium* L. a las plantas con fruto que pudieran ser usados en postres y que son apeteciblemente suaves y dulces cuando están maduros y se pueden consumir frescos, mientras que *Musa paradisiaca* L. engloba los plátanos que se consumen cocidos mientras aún tienen fécula. Estudios posteriores para reconocer su genética dieron como resultado que estas dos aparentes especies no lo son en absoluto, pero ambas apuntan a ser híbridos triploides interespecíficos estrechamente ligados al grupo AAB. Por lo tanto, son nombres generales y no se pueden utilizar para diferenciar entre bananos y plátanos. (Robinson & Galan-Sauco, 2010)

### **1.1.2. Fenología del banano**

Coexistiendo dentro de unas condiciones climatológicas y edáficas influyentes en un óptimo desarrollo para el cultivo, en consecuencia, la temperatura incidida por una radiación solar excelsa es uno de los componentes ambientales que resaltan para proveer al fotoperíodo el impulso de aceleración en el desarrollo de las plantas, operando en este proceso para pasar de un estado vegetativo a uno productivo (respuesta obligatoria) o para apresurar el florecimiento (respuesta facultativa) minimizando su ciclo biológico (Fortescue et al., 2011)

- Fase vegetativa

Esta fase puede definirse con dos subdivisiones formadas por una juvenil y una vegetativa media y en primer lugar empieza cuando un propágulo en este caso un rizoma o yema se planta dentro de un sustrato previamente acondicionado, y termina cuando el ápice se vuelve reproductivo dentro del pseudotallo. Visualmente en esta etapa es apreciable la primera hoja con 10 cm de ancho (F10) terminando con la transición a originarse la primera hoja con relación foliar mínima (Fm) que es donde inicia la posterior. (Fortescue et al., 2011)

- Fase reproductiva y fructificación

Representa una apreciable diferencia pues aparece la diferenciación foliar (DF) pues el ápice se vuelve reproductivo y termina cuando el racimo (inflorescencia) es extruido de la parte superior del pseudotallo, pasando por emergencia del racimo hasta la madurez del fruto pues la es terminal. (Fortescue et al., 2011)

### **1.1.3. Organografía vegetal de la planta de banano**

#### **▪ Cormo**

Corresponde al órgano de reserva de nutrientes de la planta, al ser su tallo este puede variar según su cultivar de 20 a 25 cm. Se encuentra cubierto por capas de hojas modificadas superpuestas. Observado desde su sección longitudinal el “bulbo” se asemeja a un cono invertido; diferenciado en su interior por un parénquima central cilindrado cubierto por una corteza de 1 a 3 cm de espesor. Durante la transición de etapa vegetativa a la de florecimiento empieza una división por mitosis intensa cambiando su forma superior a convexa elevándose por encima de las hojas que lo rodean. (Karamura et al., 2011)

#### **▪ Sistema radicular**

Como la mayoría de plantas proporcionan la absorción de agua nutrientes y el anclaje necesario al sustrato en el que se encuentran. Crecen a través de la corteza siendo una de sus características el ensancharse abruptamente antes de que toquen el suelo en el que se encuentran con un grosor generalizado de 5 a 10 mm. Inician su crecimiento teniendo un color blanco y una textura carnosa en un principio volviéndose corchosos con el tiempo. Cuando tienen la medida final y ha cesado su alargamiento tienen sobresalientes vacíos en la corteza y grandeza vasos con hebras de floema en la porción central de la estela. Pueden llegar a medir de 230 a 250 cm de largo cuando las

condiciones del suelo se lo permitan en un “bulbo” sano con aproximadamente de 200 a 400 extensiones de raíces. (Karamura et al., 2011)

(Van Asten et al., 2011) menciona que muchas veces tener una rizosfera insuficiente profunda y un dosel verde permanente causa un grave problema de requerimientos hídricos que se lo debe suplir constantemente se cree que los plátanos requieren un suministro abundante y constante y abundantemente para lograr una producción óptima.

- **Pseudotallo**

Su falso tallo se asemeja tanto por su forma alargada y ensanchada a uno real que comúnmente las personas sin conocimiento de este tipo de género de planta lo confunden con el tallo verdadero, consiste en un núcleo suave y envuelto en hasta 25 vainas firmemente compactadas de hojas modificadas que al llegar a su altura final en la madurez se desenvuelven en un ápice formándose las hojas verdaderas con láminas dispuestas para una mayor fotosíntesis. Generalmente pueden alcanzar alturas de hasta 7.5 m y grosores de hasta 30 cm dependiendo del cultivar. La altura de la planta de banano puede alcanzar aproximadamente 7,5 m. (Subagyo & Chafidz, 2018)

- **Hojas**

Dependiendo del material genético de 30 a 40 hojas un todo su ciclo biológico y con longitudes en su etapa de madurez de 3 a 3.5 con un ancho de 50 a 65 cm que con el pasar del tiempo y en condiciones óptimas llegaría a su ciclo de cosecha con hasta 5 – 10 activas. Estas generalmente en su etapa temprana antes de la floración y con una nutrición adecuada aparecen 1.5 o 2 por semana en condiciones tropicales y aproximadamente una por mes en estaciones más frías. Pueden desplegarse completamente entre los 7 días de presentarse el cogollo foliar, con un color natural verde oscuro con manchas negras en bananos y verde amarillento con manchas marrones en plátanos. (Siddiq et al., 2020)

- **Flor**

A pesar que de las flores no se aprecie en primer lugar el pedúnculo este crece dentro y por el centro del pseudotallo y en primera instancia se observa la “bellota” donde se encuentra la inflorescencia en forma de racimo cuyos ovarios grandes que se convierten en frutos partenocárpicos cubiertos por brácteas. A lo largo del crecimiento de la bellota se desarrolla en su extremo final un capullo de flores masculinas con polen infértil. Existe un tercer tipo de flor hermafrodita en el eje del raquis. (Pillay et al., 2012)

- **Fruto**

Falsa baya de textura carnosa y blanda que se compone de tres capelos fusionándose rápidamente para formar el estilo y estigma. En una etapa temprana es de forma cilíndrica a medida que va aumentando su almidón se engrosa por su acumulación. (Torres et al., 2012)

#### **1.1.4. Requerimientos edafoclimáticos**

- **Latitud**

Las plantaciones de cultivo extendidas por las zonas tropicales y subtropicales extendidas por todo el globo comprenden desde latitudes de 20° N y S llegando hasta 30° para su producción. (Gubbuk et al., 2018)

- **Altitud**

En muchas regiones de tierras bajas tropicales las plantas de banano sometidas a explotaciones eficientes por los general no superan los 100 msnm, en latitudes inferiores a 10° (Olivares et al., 2021)

Su rango de crecimiento es muy amplio llegando a ser desde los 0 a 2000 msnm, por tal motivo la estimación de brechas más cortas de altitud depende exclusivamente del cultivar que se va a

explotar, pues la altura modifica el clima y por lo tanto en bajas temperaturas por altitudes excelsas ocurren efectos como una baja tasa de emergencia de las hojas o también llamado el índice de crecimiento en el área foliar (LAI) así como la tasa de desarrollo de la fruta, además la duración del ciclo biológico. (Nyombi, 2019)

#### ➤ Temperatura

Las temperaturas requeridas para la mayoría de cultivares de banano están entre un rango de 28° a 30° C mientras que, aunque se pueda cultivar banano en rangos con límites de mínimo 15° C y máximo de 35° C su eficiencia puede no ser la adecuada. (Medeiros et al., 2013)

Generalmente está bien establecido que la viabilidad de producción en plantaciones de banano durante todo el año se manifiesta normalmente en las temperaturas diarias están en el rango de 20 a 30 ° C, por lo tanto, numerosas de las zonas con estas condiciones producen frutos para el mercado global. (Van Den Bergh et al., 2012)

#### ➤ Precipitación

Son necesarios aproximadamente 1200 a 2600 mm de agua bien distribuidos en todo el año como un rango más extendido del recurso hídrico, pero esto siempre va a depender del material genético utilizado. (Van Wesemael et al., 2019)

La disposición de la planta para la absorción de minerales necesarios para su desarrollo está vinculada con el contenido de humedad del suelo proporcionado por precipitaciones naturales o riego tecnificado. (Sabiiti et al., 2018). Debido a la evapotranspiración en zonas tropicales de alta incidencia solar, una sola planta puede consumir cerca de 40 litros de agua por día. (Lichtemberg & Lichtemberg, 2011)

### ➤ Luminosidad

Algunas de las variaciones sistemáticas de las plantas están ligadas a los cambios en el fotoperiodo debido a este factor se podría afirmar que modifica el desarrollo con el tiempo térmico acumulado y con coeficientes empíricos adecuados (rango escalar 0.0-1.0) para estimar las unidades de desarrollo térmico.(Turner et al., 2016)

Generalmente el género musa contempla necesidades de horas de luz aproximadas a una fracción necesaria de 1000 y hasta 1500, referente a esto podemos decir que seremos productivos en los picos más altos de iluminación (Soto, 2014).

### ➤ Suelo

(Guo et al., 2010) menciona que en niveles más bajos del rango adecuado de pH y una inadecuada aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados acelera el nivel de acidificación del suelo. Tomando en cuenta que el óptimo es de 5,8 a 6,5 (Zhang et al., 2019).

Entre sus características físicas consideramos texturas como franco arenosa, franco arcillosa, franco arcillo limosa y franco limosa coexistiendo esta última en una característica adecuada para el banano y diversos tipos de cultivares (CENTA, 2010).

La materia orgánica también juega un rol fundamental brindando beneficios con impacto en la fertilidad del suelo, así como en sus propiedades químicas, biológicas y físicas.(Zake et al., 2015)

Considerando que un buen índice para este tipo de cultivo va entre los 3 a 5% de MO para ser eficiente

#### **1.1.5. Nutrición vegetal del banano**

El alto nivel de demanda nutricional exigido para una producción adecuada requiere del uso de dosis óptimas de fertilización para mantener los balances fisiológicos solicitados por la planta para



su funcionamiento sin desequilibrios (Villaseñor et al., 2020). A lo largo del tiempo se ha podido demostrar que la de N y K señalan que la producción de banano depende directamente de estos elementos en equilibrio en la nutrición de estas plantas. (Ratke et al., 2012)

Entre los principales minerales necesarios y conocidos como “macro y micronutrientes” varios estudios en distintas zonas donde se cultiva banano con rendimientos de cosecha que van de 46 a 60  $\text{Tha}^{-1}$  perciben valores de utilización en cerca de 248-298 kg de N, 26-42 kg de P y 801-1000 kg de K por hectárea cultivada, así como 150-180 kg de Ca y 40-60 kg de Mg. (Senthilkumar et al., 2017)

- Nitrato de amonio

A lo largo de la evolución las plantas de banano han desarrollado varios sistemas de absorción de N para subsistir, promoviendo producciones cada vez más grandes, así como el  $\text{NO}_3^-$  está disponible en situaciones aeróbicas como N, mientras que el  $\text{NH}_4^+$  está disponible en las condiciones ácidas del suelo. El aprovechamiento de los aniones de  $\text{NO}_3^-$  sucede principalmente dentro del mesófilo establecido en la célula de la hoja transferido desde la raíz al citosol de las células por medio de los tejidos. (Islam et al., 2020)

Este compuesto formado por iones de nitrato y amonio concede diversos efectos sobre la nutrición que lleva a la producción de los cultivos. La naturaleza de la demanda se refleja según sea la preferencia de las diferentes especies acompañados de las condiciones climáticas, evaluadas especialmente por biomasa vegetal, producción de rendimiento o cantidad de absorción de N mediante la aplicación de fuentes nitrogenadas. (Li et al., 2013)

- Urea

También llamada carbamida  $\text{CON}_2\text{H}_4$ , es un compuesto químico cristalina blanquecina y el fertilizante a base de nitrógeno más usado en la agricultura. Con una proporción de N del 46% en peso en comparación del resto de fuentes consistentes del elemento aprovechables. Comprende una composición sintética hecha de amoníaco y dióxido de carbono. (Winslow, 2014)

Al adicionar urea al suelo, la solución química generada en amonio se absorbe activamente por las plantas y también resulta de un intermedio del catabolismo de la arginina de la planta, involucrada en la movilización de N de los tejidos de origen. La enzima ureasa y la urea amidolasa catalizan la asimilación del compuesto después de la absorción de las células vegetales y se hidrolizan en el citosol a  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_3$ . (Mokhele et al., 2012)

- YaraRega Azutek

Se encuentra en el grupo de los llamados complejos NPK asociados a los fertilizantes compuestos por más de tres minerales, de una estructura granular de lenta volatilización, combinando al fósforo y azufre en su distribución de lenta volatilización se compone de 13% de nitrógeno total, fósforo 4%, potasio 25%, Azufre 9%. Con un color azulado formulado por la empresa Yara Internacional.

- Biochar

Producto de la descomposición química de materia vegetal a través del proceso llamado pirólisis como fuente económica de carbono orgánico aplicable como enmienda orgánica para enriquecer las características del suelo como mejor conservación de agua y nutrientes útiles para las matas, además del mejoramiento de la rizosfera donde prospera la biomasa microbiana en armonía. (Durenkamp et al., 2010). Permite secuestrar C a largo plazo tras la quema de MO en ausencia de oxígeno, sostenibilidad de producción y protección de las tierras de cultivo de la erosión. (Atkinson et al., 2010). Incorpora algunos de los macro y micronutrientes esenciales para las plantaciones y resulta uno de los pilares fundamentales en una agricultura sustentable. (Mankasingh et al., 2011)

- Diatomita

Acumulaciones sedimentarias de exoesqueletos de fitoplancton llamados diatomeas con tendencias de colores blanquecinos con niveles de humedad que van desde el 3 al 13%. Con peculiaridad que son partículas microscópicas que tienen mala conductividad térmica, baja densidad, alta permeabilidad y porosidad (Prakash et al. 2018).

Aunque el silicio no se encuentra entre los macro o micronutrientes este es fundamental para los procesos fisiológicos de las plantas, lo absorben como ácido monosilícico  $[\text{SiO}_x (\text{OH})_{4-2x}]_n$  mejorando el rendimiento de producción en zonas con déficit de agua es decir la EUA o eficiencia en el uso del agua mejorando el potencial hídrico de las hojas, disminución de la toxicidad en pH muy ácidos, en consecuencia su asimilación total dentro de la materia seca de las plantas suele ser igual o inclusive en algunas ocasiones superior al de los nutrientes esenciales como P, Ca, Mg y S (Gokavi et al., 2020).

(Bocharnikova & Matichenkov, 2010) mencionan que una aplicación de fertilizantes adicionados con silicio reduce la lixiviación del fosfato, nitrato y potasio por acción de las precipitaciones elevadas.

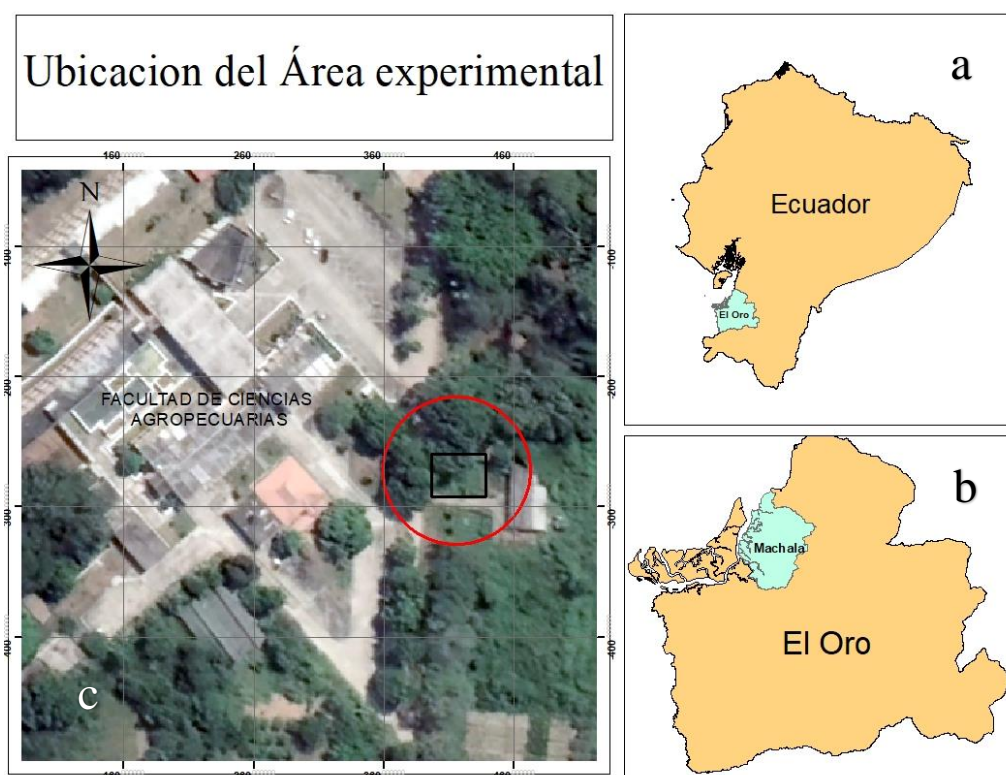
- Minerales inorgánicos y orgánicos en el volumen del sistema radicular.

Al imitar las condiciones ecológicas en el suelo además del clima de los bananos silvestres una explotación bananera rinde eficientemente en la producción de raíces para la asimilación de nutrientes bajo condiciones de aplicaciones de fertilizantes minerales en combinación de abonos orgánicos, que proporcionan una mejora en las características morfológicas y de desarrollo. (Kuttimani et al., 2013)

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización del experimento

La Granja Experimental “Santa Inés” fue el sitio utilizado para el desarrollo de la experimentación la cual se encuentra referente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias afín a la Universidad Técnica de Machala con ubicación de la Avenida Panamericana Km. 5 1/2 Vía a Pasaje, ciudad de Machala, provincia de El Oro (**Figura 1**).



**Figura 1.** a) El Oro en el Ecuador, b) Machala en El Oro y c) la ubicación del área experimental en Machala

### 2.2. Ubicación Geográfica

**Coordenadas:** UTM (Universal Transverse Mercate)

**Datum:** WGS 84 (World Geodetic System 1984)

**Zona:** 17 S

**Longitud:** 79°54'53" W

**Latitud:** 3°17'40" S

**Altitud:** 5 msnm

### **2.3. Materiales de Campo**

- Libreta de apuntes
- Fertilizantes (Urea - Nitrato de Amonio - Azutek - Biochar - Fossil Shell Agro)
- Balanza de 500 gramos
- Cajón maceta
- Pala
- Machete
- Caja Petri
- Cámara fotográfica
- Computadora Portátil
- Programa SPSS

### **2.4. Tratamientos**

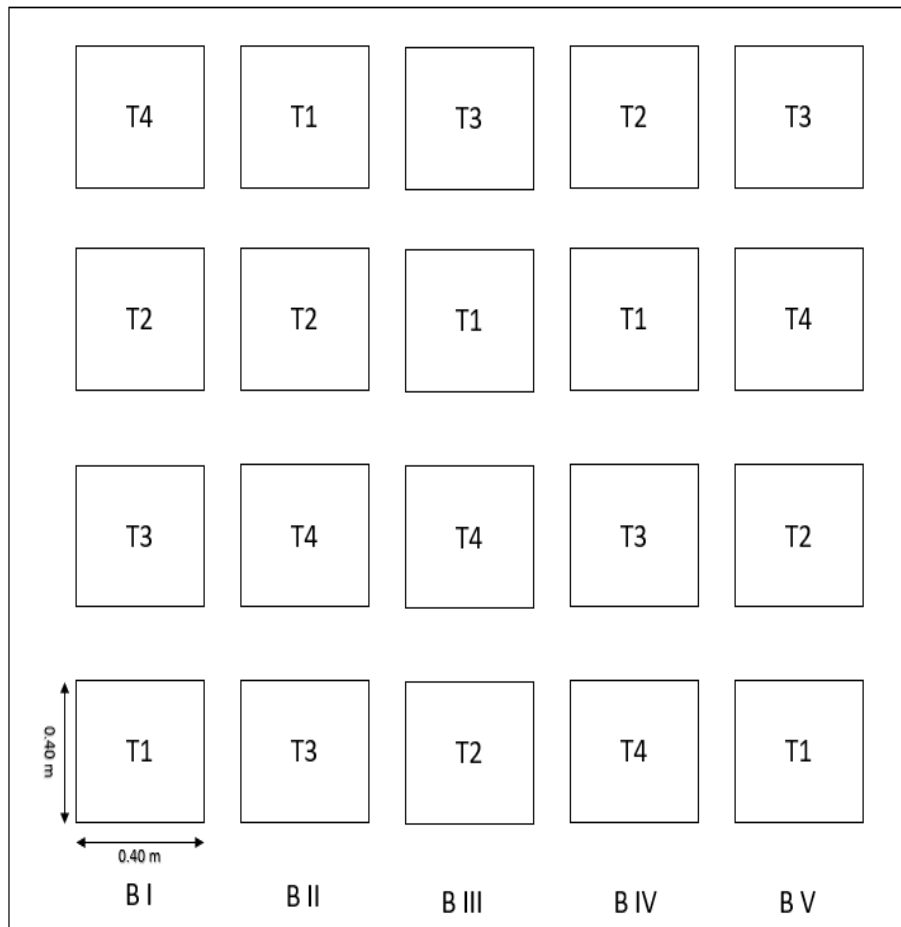
Un proceso realizado en 20 plantas de banano distribuidas en 2 filas de 10 plantas, las cuales se las agrupó 5 plantas para 4 tratamientos como se puede observar en la (**Tabla 2**).

**Tabla 2. Tratamientos y composiciones de fertilizantes y enmiendas orgánicas**

<b>Tratamiento</b>	<b>Composición</b>	<b>Total</b>	<b>Número de plantas</b>
1	Azutek (10gr) + Biochar (5gr) + Fossil Shell Agro (5gr)	20	5
2	Urea (10gr) + Biochar (5gr) + Fossil Shell Agro (5gr)	20	5
3	NAM (10gr) + Biochar (5gr) + Fossil Shell Agro (5gr)	20	5
4	Azutek (10gr) + NAM (10gr) + Urea (10gr)	30	5

### **2.5. Diseño experimental**

En el presente trabajo experimental se empleó el diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA) de (5x4), se conformaron de 20 unidades experimentales, donde cada unidad experimental midió de 0.4 m de largo, 0.60 m de alto y 0.40 m de ancho (**Figura 2**). Se controló un factor de estudio (dosis de fertilizantes + enmiendas orgánicas), con cinco repeticiones y cuatro tratamientos. En este diseño se toma en cuenta un factor no controlado que puede afectar en los resultados finales (fertilidad del suelo). Para contrarrestar esto se aplicó la técnica de bloqueo, donde se encierra este factor en bloques.



**Figura 2. Croquis del experimento**

### 2.5.1. Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + e_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Lectura del  $i$  sujeto bajo la interpretación del  $j$  nivel o versión del factor de estudio A y el  $k$  nivel o versión del factor de estudio B (Variable dependiente medida o evaluada)

$\mu$  = Media poblacional de la variable de respuesta

$\alpha_j$  = Indica el efecto del  $j$  nivel o versión del factor A

$\beta_k$  = Indica el efecto del  $k$  nivel o versión del factor B

$(\alpha\beta)_{jk}$  = Indica el efecto de interacción entre el j nivel o versión del factor de estudio A y el k nivel o versión del factor de estudio B

$e_{ijk}$  = Error experimental en el i sujeto asociado a la combinación del j nivel o versión del factor A y el k nivel o versión del factor B.

## **2.6. Metodología**

### **A. Adecuamiento de cajones para observación de raíces vivas.**

Estructura preparada con tablonces de encofrado de 0.2 m de ancho y 6 m de largo, distribuidos uno sobre otro desde el lado más fino hasta lograr una altura estimada de 0.6 m para poder observar el desarrollo de las raíces en el estado fenológico vegetativo de las plantas a evaluar e inspeccionar el desarrollo y organización de su crecimiento. La separación de cada uno de los alvéolos se la realizó formando un cubo sin cubierta de 0.40 m de ancho con 0.6 m de alto y largo, así completando 20 hoyos posibles para cada una de las plantas. Con ayuda de una máquina de carpintería se realizaron unos hoyos como “ventanas” de observación, con una medida aproximada de 0.40 m de ancho y 0.50 m de alto con incrustaciones de bisagras para la movilidad de la porción cortada de la madera y no perder protección e impedir la entrada de luz. La colocación de un plástico de color negro pegado a la madera para evitar que se deteriore rápidamente por el exceso de humedad y la radiación solar, así como las mezclas de soluciones incorporadas a cada grupo de tratamiento.

### **B. Colocación de sustrato y trasplante de plántulas.**

En la primera semana del mes de junio se empezó a colocar el sustrato adecuado compuesto en su mayoría por limo, arcilla y una porción de materia orgánica, se lo suministró en cada alveolo donde se colocaría la parte radicular de la planta a 20 cm bajo la superficie, para su posterior evaluación



llenando cada uno de los agujeros de madera hasta 5 cm menos del alto de cada uno, para un posterior trasplante en el centro de cada cubo.

### **C. Elaboración de las mezclas de las dosis de fertilizantes y enmiendas a aplicar**

Pesando cada uno de los componentes a utilizar en una balanza de gramos mezclamos los fertilizantes nitrogenados minerales y los abonos orgánicos estimando el peso adecuado para cada uno de los tratamientos dentro de contenedores de plástico para obtener proporciones apropiadas para su correcta aplicación.

### **D. Aplicación de fertilización nitrogenada y orgánica**

En la tercera semana de junio con las plantas aclimatadas al nuevo sitio y el desarrollo de nuevas ramificaciones del sistema radical la aplicación de las porciones de fertilizantes se hizo adecuadas por cuanto los individuos contaban con área radicular para la absorción efectiva de los minerales.

### **E. Análisis del volumen de raíces vivas encontradas a los 60 y 90 días**

Al tratarse de plantas jóvenes y evaluadas en estado vegetativo consideramos el peso de la masa en gramos de raíces tomadas a los 60 y 90 días, comparando cómo se desarrollaron con la aplicación de las enmiendas incorporadas, extrayendo una porción de suelo de 20 cm y separando las raíces para pesar y estimar qué tratamiento era el más estimulante para su desarrollo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Altura de la planta

Según la prueba estadística de ANOVA, se muestra que en la altura de la planta existen diferencias altamente significativas entre las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas aplicados al suelo para cada planta de banano, al obtener un p-valor de 0.000 y ser inferior al nivel de significancia establecido de 0.05, demostrando así que existen efectos sobre la variable de la altura de la planta (**Tabla 3**).

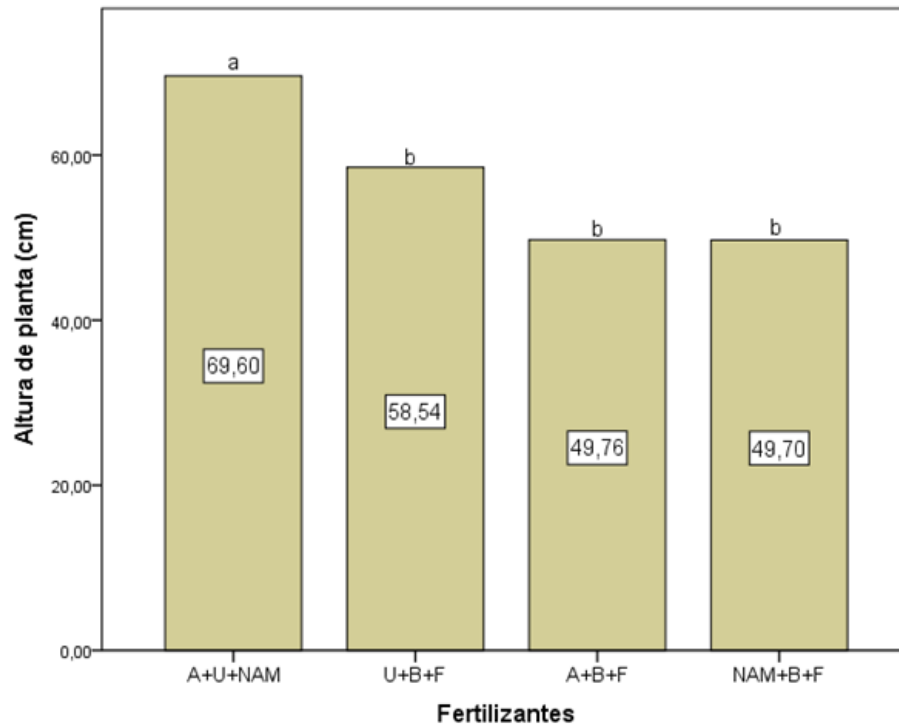
**Tabla 3. Análisis de varianza de la altura de la planta**

ANOVA					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	14013,999	3	4671,333	6,930	0,000
Interceptación	665807,928	1	665807,928	987,683	0,000
Tratamiento	14013,999	3	4671,333	6,930	0,000
Error	137518,624	204	674,111		
Total	834812,250	208			
Total, corregido	151532,624	207			

$R^2 = 0.092$  ( $R^2$  ajustada = 0.079)

La prueba de comparaciones y rangos múltiples o post-hoc de Tukey con la utilización de letras de las vocales, las cuales sirvieron para comprender las diferencias o similitudes entre las dosis aplicadas en el experimento los cuales demuestra que con la dosis de Azutek 10g + Urea 10g + NAM 10g (**A+U+NAM**) con una media de 69.60 cm alcanzó la mayor altura de la planta, seguido de Urea 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**U+B+F**) con una media de 58.54 cm, Azutek 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**A+B+F**) con una media de 49.76 cm y por último la

dosis de NAM 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**NAM+B+F**) con una media de 49.70 cm siendo la dosis con la menor altura de la planta (**Gráfico 1**).



**Grafico 1.** Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en la altura de la planta

#### **4.2.Fuste de la planta**

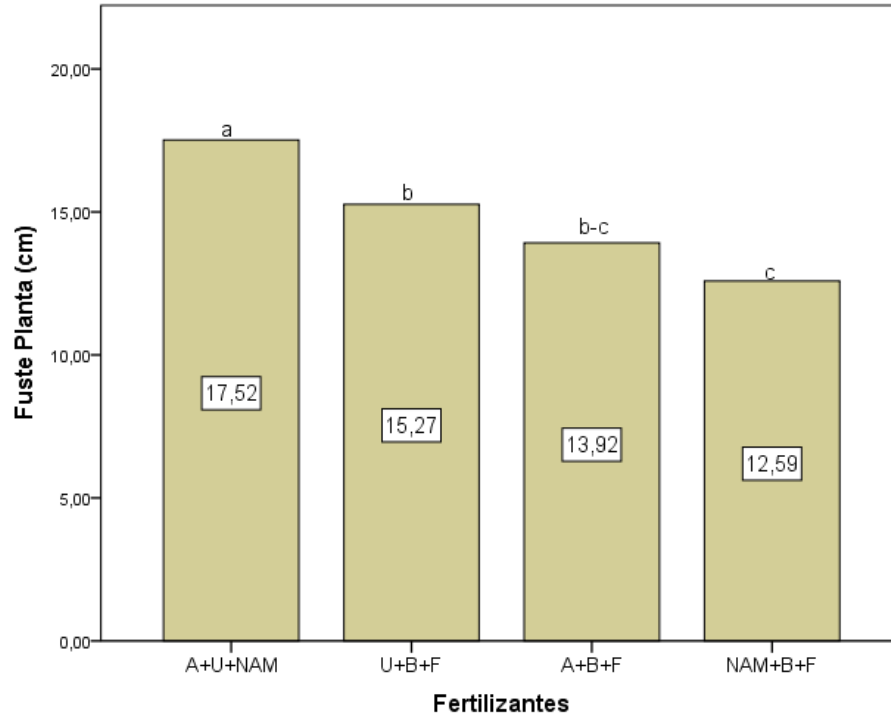
Según la prueba estadística de ANOVA, se muestra que en el fuste de la planta existen diferencias altamente significativas entre las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas aplicados al suelo para cada planta de banano, al obtener un p-valor de 0.000 y ser inferior al nivel de significancia establecido de 0.05, demostrando así que existen efectos sobre la variable fuste de la planta (**Tabla 4**).

**Tabla 4. Análisis de varianza del fuste de la planta**

ANOVA					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	733,400	3	244,467	7,117	0,000
Interceptación	49625,033	1	49625,033	1444,699	0,000
Tratamiento	733,400	3	244,467	7,117	0,000
Error	7694,343	224	34,350		
Total	59316,073	228			
Total, corregido	8427,743	227			

$$R^2 = 0.087 \text{ (} R^2 \text{ ajustada} = 0.075 \text{)}$$

La prueba de comparaciones y rangos múltiples o post-hoc de Tukey con la utilización de letras de las vocales, las cuales sirvieron para comprender las diferencias o similitudes entre las dosis aplicadas en el experimento los cuales demuestra que con la dosis de Azutek 10g + Urea 10g + NAM 10g (**A+U+NAM**) con una media de 17.52 cm alcanzó el mayor fuste de la planta, seguido de Urea 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**U+B+F**) con una media de 17.27 cm, Azutek 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**A+B+F**) con una media de 13.92 cm y por último la dosis de NAM 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**NAM+B+F**) con una media de 12.59 cm siendo la dosis con el menor fuste de la planta (**Gráfico 2**).



**Grafico 2. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en el fuste de la planta**

### **4.3.Emisión foliar de la planta**

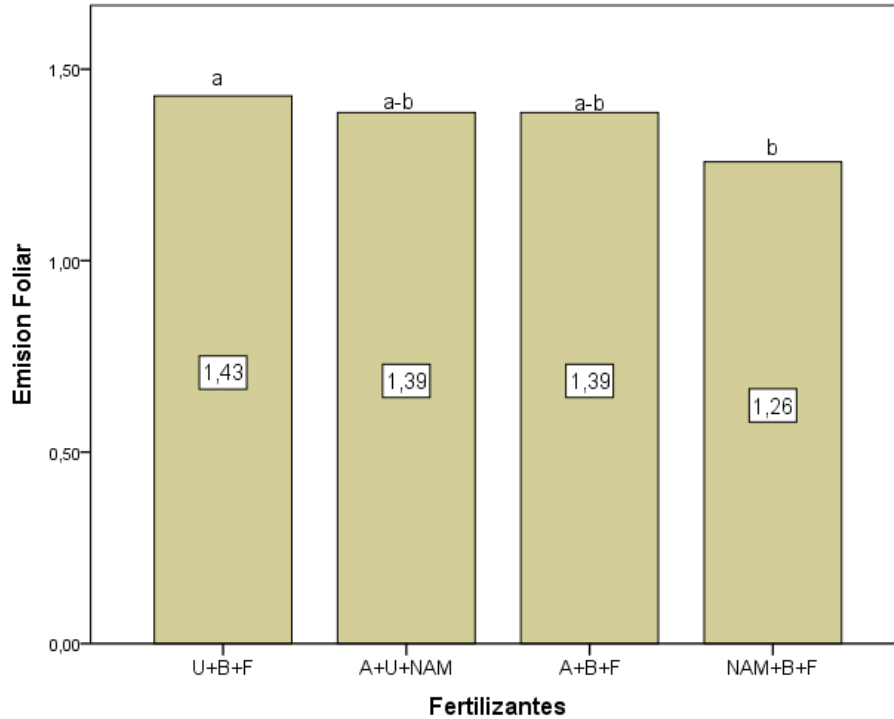
Según la prueba estadística de ANOVA, se muestra que en la emisión foliar de la planta no existen diferencias significativas entre las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas aplicados al suelo para cada planta de banano, al obtener un p-valor de 0.112 y ser superior al nivel de significancia establecido de 0.05, demostrando así que no existen efectos sobre la variable emisión foliar de la planta (**Tabla 5**).

**Tabla 5. Análisis de varianza de la emisión foliar de la planta**

ANOVA					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	,848	3	,283	2,021	0,112
Interceptación	421,127	1	421,127	3011,761	0,000
Tratamiento	,848	3	,283	2,021	0,112
Error	31,321	224	,140		
Total	460,760	228			
Total, corregido	32,169	227			

$$R^2 = 0.026 \text{ (} R^2 \text{ ajustada} = 0.013)$$

La prueba de comparaciones y rangos múltiples o post-hoc de Tukey con la utilización de letras de las vocales, las cuales sirvieron para comprender las diferencias o similitudes entre las dosis aplicadas en el experimento los cuales demuestra que con la dosis de Urea 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**U+B+F**) con una media de 1.43 alcanzó el máximo valor de la emisión foliar de la planta, seguido de Azutek 10g + Urea 10g + NAM 10g (**A+U+NAM**) con una media de 1.39, Azutek 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**A+B+F**) con una media de 1.39 y por último la dosis de NAM 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**NAM+B+F**) con una media de 1.26 siendo la dosis con el menor valor de emisión foliar de la planta (**Gráfico 3**).



**Grafico 3. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en la emisión foliar de la planta**

#### **4.4. Número total de hojas**

Según la prueba estadística de ANOVA, se muestra que en el número de hojas de la planta no existen diferencias significativas entre las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas aplicados al suelo para cada planta de banano, al obtener un p-valor de 0.308 y ser superior al nivel de significancia establecido de 0.05, demostrando así que no existen efectos sobre la variable número de hojas de la planta (**Tabla 6**).

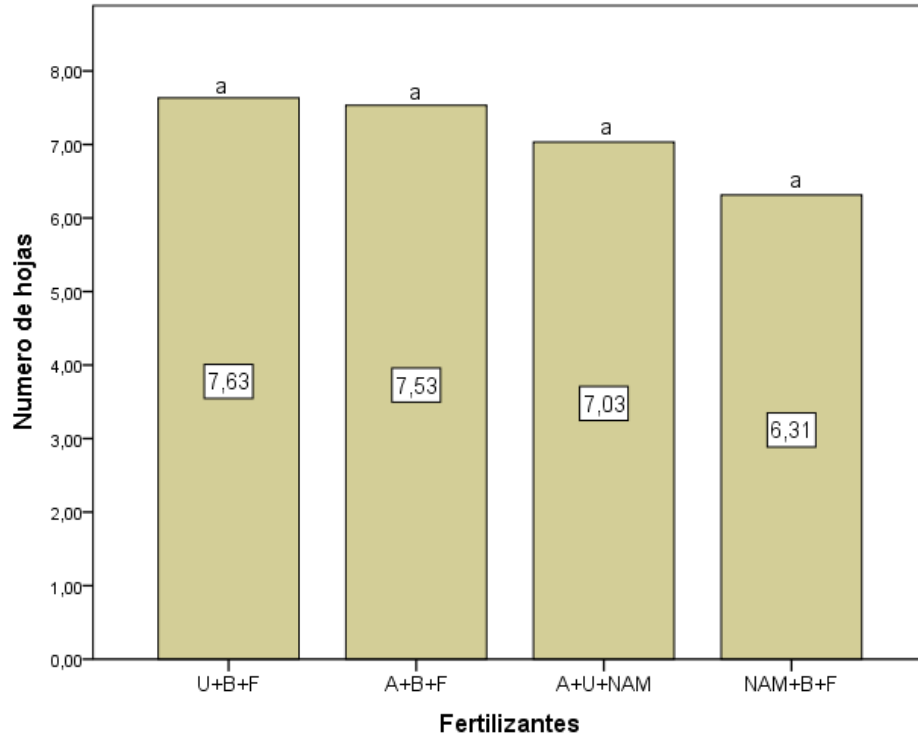
**Tabla 6. Análisis de varianza del número de hojas de la planta**

ANOVA					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	57,216	3	19,072	1,206	0,308
Interceptación	11477,120	1	11477,120	725,598	0,000
Tratamiento	57,216	3	19,072	1,206	0,308
Error	3543,112	224	15,817		
Total	15325,000	228			
Total, corregido	3600,329	227			

$R^2 = 0.016$  ( $R^2$  ajustada = 0.003)

La prueba de comparaciones y rangos múltiples o post-hoc de Tukey con la utilización de letras de las vocales, las cuales sirvieron para comprender las diferencias o similitudes entre las dosis aplicadas en el experimento los cuales demuestra que con la dosis de Urea 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**U+B+F**) con una media de 7.63 unidades alcanzó el máximo valor de número de hojas de la planta, seguido de Azutek 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**A+B+F**) con una media de 7.53 unidades, Azutek 10g + Urea 10g + NAM 10g (**A+U+NAM**) con una media de 7.03 unidades y por último la dosis de NAM 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**NAM+B+F**) con una media de 6.31 unidades siendo la dosis con el menor valor del número de hojas de la planta (**Gráfico 4**). Tuwair & Al-Busaidi, (2013) sugieren que el elemento nitrógeno tiene una influencia directa en el crecimiento y en específico el desarrollo aéreo de la planta, que como resultado deriva en un incremento acelerado de la biomasa vegetativa.





**Grafico 4. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en el número de hojas de la planta**

#### **4.5. Área foliar de la planta a los 60 dda y 90 dda**

Según la prueba estadística de ANOVA, se muestra que en el área foliar de la planta a los 60 días después de la aplicación (dda) no existen diferencias significativas entre las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas aplicados al suelo para cada planta de banano, al obtener un p-valor de 0.144 y ser superior al nivel de significancia establecido de 0.05, y por otro lado a los 90 días después de la aplicación (dda) existieron diferencias altamente significativas con un p-valor de 0.000 inferior al nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 7**).

**Tabla 7. Análisis de varianza del área foliar de la planta a los 60 dda y 90 dda**

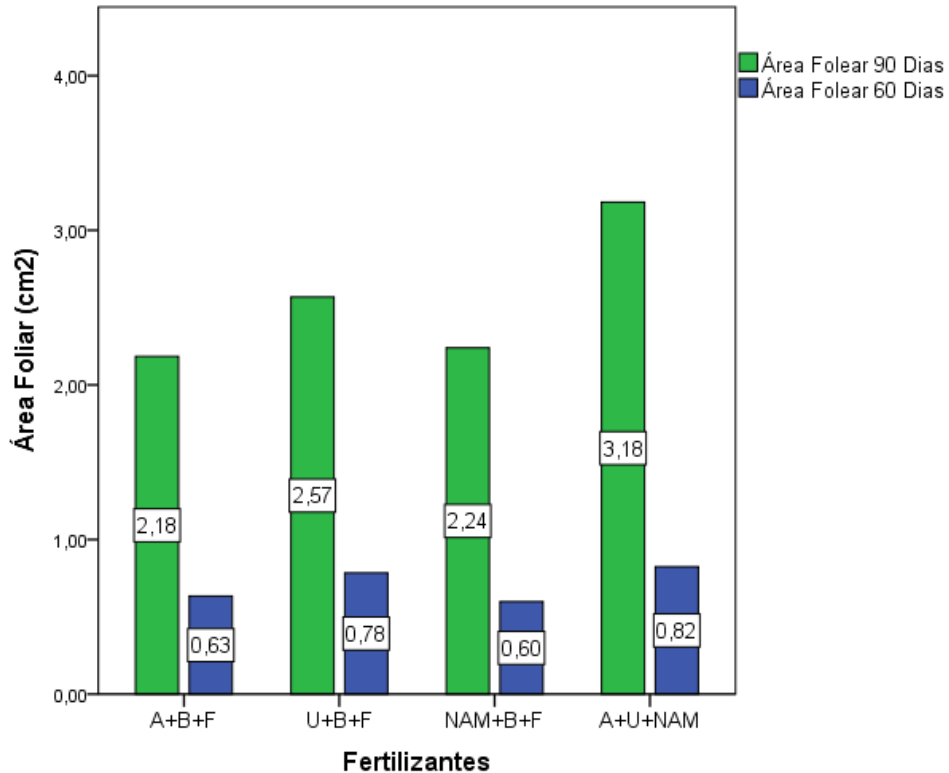
ANOVA						
Momento de la medición	Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
60 dda	Modelo corregido	,184 <sup>a</sup>	3	,061	2,072	0,144
	Interceptación	10,082	1	10,082	340,723	0,000
	Tratamiento	,184	3	,061	2,072	0,144
	Error	,473	16	,030		
	Total	10,739	20			
	Total, corregido	,657	19			
90 dda	Modelo corregido	3,148 <sup>b</sup>	3	1,049	10,428	0,000
	Interceptación	129,388	1	129,388	1285,778	0,000
	Tratamiento	3,148	3	1,049	10,428	0,000
	Error	1,610	16	,101		
	Total	134,146	20			
	Total, corregido	4,758	19			

a.  $R^2 = 0.280$  ( $R^2$  ajustada = 0.145)

b.  $R^2 = 0.662$  ( $R^2$  ajustada = 0.598)

La prueba de comparaciones y rangos múltiples o post-hoc de Tukey muestran que el mejor resultado se obtuvo con la dosis de Azutek 10g + Urea 10g + NAM 10g (**A+U+NAM**) con una media de 0.82 cm<sup>2</sup> a los 60 días y 3.18 cm<sup>2</sup> a los 90 días, seguido de Urea 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**U+B+F**) con una media de 0.78 cm<sup>2</sup> a los 60 días y 2.57 cm<sup>2</sup> a los 90 días, NAM 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**NAM+B+F**) con una media de 0.60 cm<sup>2</sup> a los 60 días y 2.24 cm<sup>2</sup> a los 90 días, y por último la dosis de Azutek 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**A+B+F**) con una media de 0.63 cm<sup>2</sup> a los 60 días y 2.18 cm<sup>2</sup> a los 90 días siendo la dosis con el menor valor del área foliar (**Gráfico 5**). Albadawy, (2019) indica que la fertilización química adicionada con abonos orgánicos permite un desarrollo eficaz para la producción de mayores

valores de crecimiento vegetativo probados en comparación con tratamientos de enmiendas separadas.



**Grafico 5. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en el área foliar**

#### **4.6. Peso de la masa del sistema radicular a los 60 dda y 90 dda**

Según la prueba estadística de ANOVA, se muestra que en peso de la masa del sistema radicular a los 60 días después de la aplicación (dda) y a los 90 días después de la aplicación (dda) existen diferencias altamente significativas entre las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas aplicados al suelo para cada planta de banano, al obtener un p-valor de 0.000 y 0.000, y ser inferior al nivel de significancia establecido de 0.05 (**Tabla 8**).

**Tabla 8. Análisis de varianza del peso de la masa del sistema radicular a los 60 dda y 90 dda**

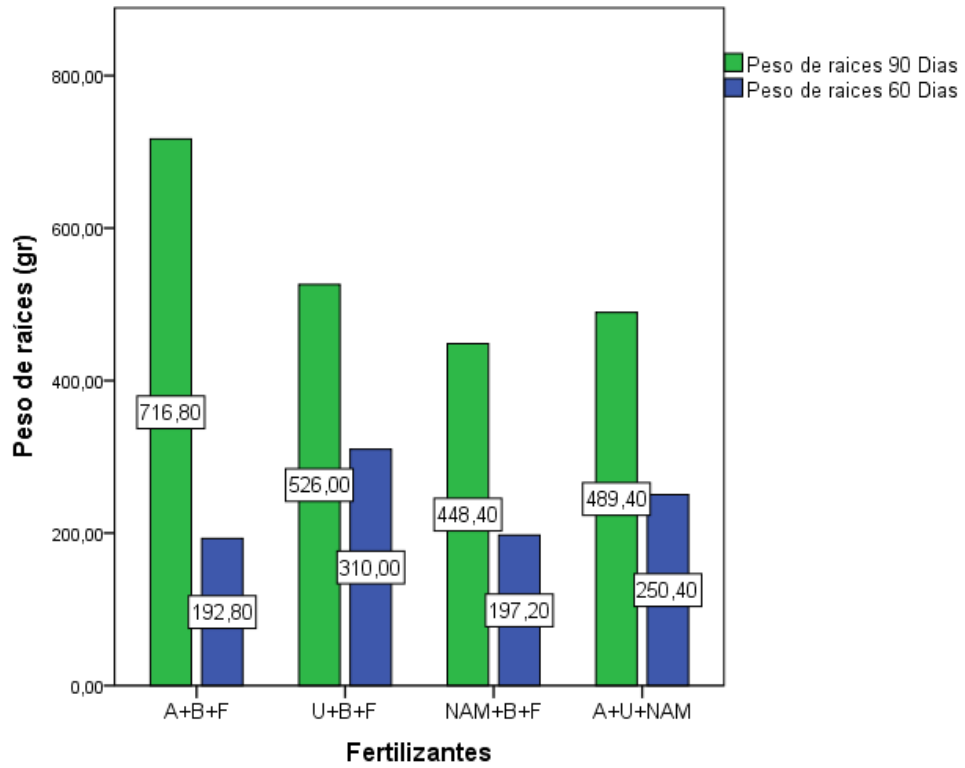
ANOVA						
Momento de la medición	Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
60 dda	Modelo corregido	45224,000 <sup>a</sup>	3	15074,667	30,064	0,000
	Interceptación	1129075,200	1	1129075,200	2251,733	0,000
	Tratamiento	45224,000	3	15074,667	30,064	0,000
	Error	8022,800	16	501,425		
	Total	1182322,000	20			
	Total, corregido	53246,800	19			
90 dda	Modelo corregido	211495,350 <sup>b</sup>	3	70498,450	1753,693	0,000
	Interceptación	5943770,450	1	5943770,450	147854,986	0,000
	Tratamiento	211495,350	3	70498,450	1753,693	0,000
	Error	643,200	16	40,200		
	Total	6155909,000	20			
	Total, corregido	212138,550	19			

a.  $R^2 = 0.849$  ( $R^2$  ajustada = 0.821)

b.  $R^2 = 0.997$  ( $R^2$  ajustada = 0.996)

La prueba de comparaciones y rangos múltiples o post-hoc de Tukey muestra que el mejor resultado se obtuvo con la dosis de Azutek 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**A+B+F**) con una media de 192.80 gramos a los 60 días y 716.80 gramos a los 90 días, seguido de Urea 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**U+B+F**) con una media de 310.00 gramos a los 60 días y 526.00 gramos a los 90 días, Azutek 10g + Urea 10g + NAM 10g (**A+U+NAM**) con una media de 250.40 gramos a los 60 días y 489.40 gramos a los 90 días, y por último la dosis de NAM 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**NAM+B+F**) con una media de 197.20 gramos a los 60 días y 448.40 gramos a los 90 días siendo la dosis con el menor peso de raíces (**Gráfico 6**). (Gudadhe et al., 2020) menciona que el banano puede producir más raíces en presencia de nutrientes

nitrogenados combinados con abonos orgánicos, lo que se traduce en mejores características de estructura de la planta y estabilidad de las raíces para anclarse al suelo.



**Grafico 6. Efectos de las diferentes dosis de fertilizantes y enmiendas orgánicas en el peso de las raíces**

#### 4. CONCLUSIONES

- Se valoraron los efectos de todos los tratamientos de las diferentes dosis de fertilizantes nitrogenados en combinación de enmiendas orgánicas, donde se determinó que en las variables de altura y fuste de la planta el tratamiento que obtuvo los mejores valores fue el Azutek 10g + Urea 10g + NAM 10g (**A+U+NAM**),
- Las variables de emisión foliar y número de hojas el tratamiento de Urea 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**U+B+F**) alcanzó los mayores valores de medias en el cultivo de banano en la etapa vegetativa.
- Se determinó que en la variable de área foliar a los 60 y 90 días después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en combinación de enmiendas orgánicas el tratamiento que obtuvo los mejores resultados fue el de Azutek 10g + Urea 10g + NAM 10g (**A+U+NAM**) en contraste de no tanta significancia en el peso de masa radicular, mientras que a los 90 dda el peso de la masa del sistema radicular el tratamiento Azutek 10g + Biochar 5g + Fossil Shell Agro 5g (**A+B+F**) tuvo una mejor respuesta a comparación de los otros tratamientos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Albadawy, H. (2019). Effect of Some Fertilization Treatments on Growth, Yield, Fruit Quality and Nutritional Status of Banana Grande Naine Cultivar. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 57(1), 89–98. <https://doi.org/10.21608/assjm.2019.42213>
- Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D., & Hipps, N. A. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant and Soil*, 337(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0464-5>
- Bocharnikova, E., & Matichenkov, V. (2010). Technology for natural water protection against pollution from cultivated areas. *15th Annual Australian Agron Conf*, 1–6.
- CENTA. (2010). Guía Técnica del Cultivo del Plátano. *PROGRAMA MAG-CENTA-FRUTALES*, 6.
- Durenkamp, M., Luo, Y., & Brookes, P. C. (2010). Impact of black carbon addition to soil on the determination of soil microbial biomass by fumigation extraction. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(11), 2026–2029. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.07.016>
- Fortescue, J. A., Turner, D. W., & Romero, R. (2011). Evidence that banana (*Musa* spp.), a tropical monocotyledon, has a facultative long-day response to photoperiod. *Functional Plant Biology*, 38(11), 867–878. <https://doi.org/10.1071/FP11128>
- Gokavi, N., Jayakumar, M., Mote, K., & Surendran, U. (2020). Diatomaceous Earth as a Source of Silicon and its Impact on Soil Physical and Chemical Properties, Yield and Quality, Pests and Disease Incidence of Arabica Coffee cv. Chandragiri. *Silicon*. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00767-w>
- Gubbuk, H., Gunes, E., & Guven, D. (2018). Comparison of open-field and protected banana

- cultivation for some morphological and yield features under subtropical conditions. *Acta Horticulturae*, 1196, 173–178. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1196.21>
- Gudadhe, N. N., Imade, S. R., & Thanki, J. D. (2020). Effect of Integrated Nutrient Management on Rice-Greengram Cropping Sequence. *Legume Research - an International Journal, OF*. <https://doi.org/10.18805/lr-4307>
- Guimarães, G. G. F., Cantú, R. R., Scherer, R. F., Beltrame, A. B., & de Haro, M. M. (2020). Banana crop nutrition: Insights into different nutrient sources and soil fertilizer application strategies. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 44, 1–14. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190104>
- Guo, J. H., Liu, X. J., Zhang, Y., Shen, J. L., Han, W. X., Zhang, W. F., Christie, P., Goulding, K. W. T., Vitousek, P. M., & Zhang, F. S. (2010). Significant acidification in major chinese croplands. *Science*, 327(5968), 1008–1010. <https://doi.org/10.1126/science.1182570>
- Islam, S., Islam, R., Kandwal, P., Khanam, S., Proshad, R., Kormoker, T., & Tusher, T. R. (2020). Nitrate transport and assimilation in plants: a potential review. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 00(00), 1–18. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1826042>
- Karamura, D., Karamura, E., & Blomme, G. (2011). General Plant Morphology of Musa. *Banana Breeding, November 2015*, 1–20. <https://doi.org/10.1201/b10514-2>
- Kuttimani, R., Velayudham, K., Somasundaram, E., & Jothi, N. J. (2013). Effect of Integrated Nutrient Management on Rice-Greengram Cropping Sequence. *Legume Research - an International Journal, OF*. <https://doi.org/10.18805/lr-4307>
- Li, S. X., Wang, Z. H., & Stewart, B. A. (2013). Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. In *Advances in Agronomy* (Vol. 118). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405942-9.00005-0>



- Lichtemberg, L. A., & Lichtemberg, P. dos S. F. (2011). Avanços na Bananicultura Brasileira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(SPEC. ISSUE 1), 029–036.  
<https://doi.org/10.1590/s0100-29452011000500005>
- Mankasingh, U., Choi, P. C., & Ragnarsdottir, V. (2011). Biochar application in a tropical, agricultural region: A plot scale study in Tamil Nadu, India. *Applied Geochemistry*, 26(SUPPL.), S218–S221. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.03.108>
- Medeiros, R. M. de, Silva, J. A. S. da, Silva, A. de O., Matos, R. M. de, & Balbino, D. P. (2013). Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a área produtora da banana do município de Barbalha, CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 7(4), 258–268.  
<https://doi.org/10.7127/rbai.v7n400018>
- Mokhele, B., Zhan, X., Yang, G., & Zhang, X. (2012). Review: Nitrogen assimilation in crop plants and its affecting factors. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(3), 399–405.  
<https://doi.org/10.4141/CJPS2011-135>
- Nansamba, M., Sibiya, J., Tumuhimbise, R., Karamura, D., Kubiriba, J., & Karamura, E. (2020). Breeding banana (*Musa* spp.) for drought tolerance: A review. *Plant Breeding*, 139(4), 685–696. <https://doi.org/10.1111/pbr.12812>
- Nyombi, K. (2019). Diagnosis and management of nutrient constraints in bananas (*Musa* spp.). *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*, 651–659.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00044-7>
- Olivares, B. O., Rey, J. C., Lobo, D., Navas-Cortés, J. A., Gómez, J. A., & Landa, B. B. (2021). Fusarium wilt of bananas: A review of agro-environmental factors in the venezuelan production system affecting its development. *Agronomy*, 11(5).  
<https://doi.org/10.3390/agronomy11050986>

- Ortiz-Ulloa, J. A., Abril-González, M. F., Pelaez-Samaniego, M. R., & Zalamea-Piedra, T. S. (2021). Biomass yield and carbon abatement potential of banana crops (*Musa* spp.) in Ecuador. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(15), 18741–18753.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-09755-4>
- Pillay, M., Ude, G., & Kole, C. (2012). *Genetics, Genomics, and Breeding of Bananas*.
- Ratke, R. F., Santos, S. C., Pereira, H. S., de Souza, E. D., & Carneiro, M. A. C. (2012). Desenvolvimento e produção de bananeiras thap maeo e prata-anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássic. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(1), 277–288.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100037>
- Robinson, J. C., & Galan-Saucó, V. (2010). Bananas and Plantains, 2nd Edition. In *Crop production science in horticulture*. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84890136438&partnerID=tZOtx3y1>
- Sabiiti, G., Ininda, J. M., Ogallo, L. A., Ouma, J., Artan, G., Basalirwa, C., Opijah, F., Nimusiima, A., Ddumba, S. D., Mwesigwa, J. B., Otieno, G., & Nanteza, J. (2018). Adapting agriculture to climate change: Suitability of banana crop production to future climate change over Uganda. *Climate Change Management*, 175–190.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-64599-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64599-5_10)
- Senthilkumar, M., Ganesh, S., Srinivas, K., Panneerselvam, P., Nagaraja, A., & Kasinath, B. L. (2017). Fertigation for Effective Nutrition and Higher Productivity in Banana - A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 2104–2122.  
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.248>
- Siddiq, M., Ahmed, J., & Lobo, M. G. (2020). *Handbook of Banana Production, Postharvest Science, Processing Technology, and Nutrition Production, Postharvest Science*,

*Processing Technology, and Nutrition.*

- Subagyo, A., & Chafidz, A. (2018). Banana Pseudo-Stem Fiber : Preparation , Characteristics , and Applications. *Banana Nutrition: Function and Processing Kinetics*, 1–19.
- Torres, S., Quezada, P., Carrillo, F., Murguía, C., & Borrero, M. (2012). Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. *Hidalgo Impresores E.I.R.L.*, 72.  
[https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual\\_banano.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf)
- Turner, D. W., Fortescue, J. A., Ocimati, W., & Blomme, G. (2016). Plantain cultivars (*Musa* spp. AAB) grown at different altitudes demonstrate cool temperature and photoperiod responses relevant to genetic improvement. *Field Crops Research*, 194, 103–111.  
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.02.006>
- Tuwair, K., & Al-Busaidi, S. (2013). Effects of organic and inorganic fertilizers addition on growth and yield of banana (*Musa* AAA cv. Malindi) on a saline and non-saline soil in Oman. *Journal of Horticulure and Forestry*, 5(9), 146–155.  
<https://doi.org/10.5897/JHF2013.0315>
- Van Asten, P. J. A., Fermont, A. M., & Taulya, G. (2011). Drought is a major yield loss factor for rainfed East African highland banana. *Agricultural Water Management*, 98(4), 541–552.  
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.10.005>
- Van Den Bergh, I., Ramirez, J., Staver, C., W. Turner, D., Jarvis, A., & Brown, D. (2012). Climate change in the subtropics: The impacts of projected averages and variability on banana productivity. *Acta Horticulturae*, 928, 89–100.  
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2012.928.9>
- Van Wesemael, J., Kissel, E., Eyland, D., Lawson, T., Swennen, R., & Carpentier, S. (2019).

Using growth and transpiration phenotyping under controlled conditions to select water efficient banana genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 10(March), 1–14.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00352>

Villaseñor, D., Noblecilla-Romero, Y., Luna-Romero, E., Molero-Naveda, R., Barrezueta-Unda, S., Huarquilla-Henriquez, W., González-Porras, C., & Garzón-Montealegre, J. (2020).

Optimal economic response of potassic fertilization on productive variables of banana (*Musa spp.*). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 36(2), 161–170.

<https://doi.org/10.29393/CHJAAS36-14RODV80014>

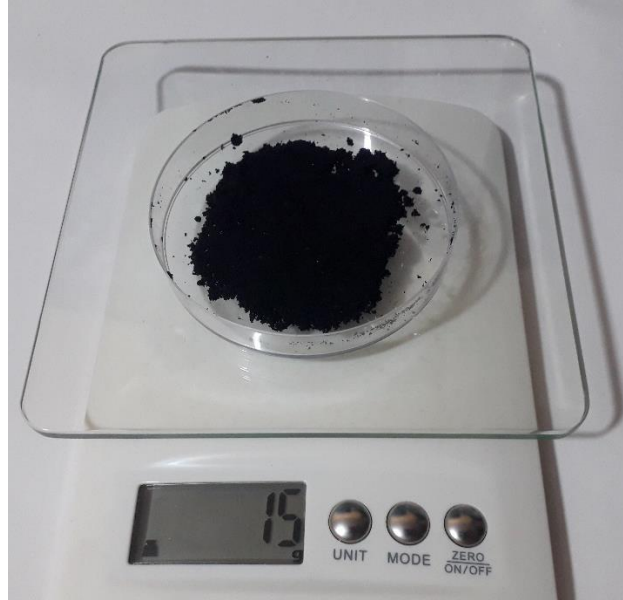
Winslow, K. (2014). *Nitrogen Fertilizer: Agricultural Uses, Management Practices and Environmental Effects* (K. Winslow & Nova Science Publishers (eds.); Vol. 148).

Zake, J., Pietsch, S. A., Friedel, J. K., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2015). Can agroforestry improve soil fertility and carbon storage in smallholder banana farming systems? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(2), 237–249. <https://doi.org/10.1002/jpln.201400281>

Zhang, J., Bei, S., Li, B., Zhang, J., Christie, P., & Li, X. (2019). Organic fertilizer, but not heavy liming, enhances banana biomass, increases soil organic carbon and modifies soil microbiota. *Applied Soil Ecology*, 136(May 2018), 67–79.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.12.017>

## 6. ANEXOS



**Anexo 1. Biochar**



**Anexo 2. Fossil Shell Agro**



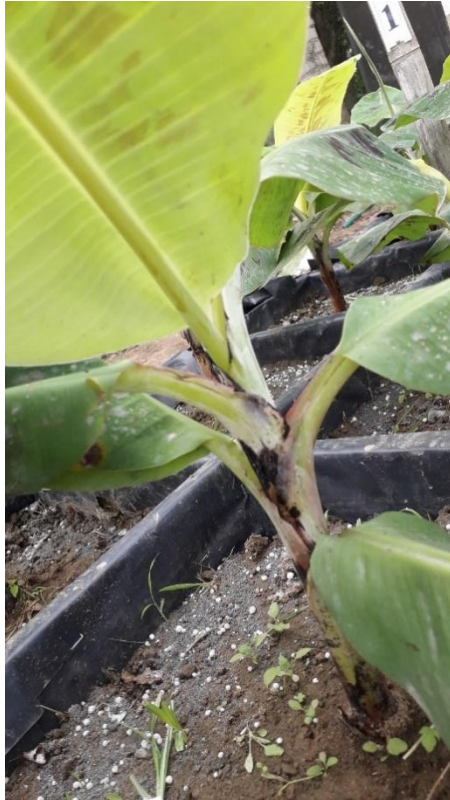
**Anexo 3. YaraRega Azutek**



**Anexo 4. Urea**



**Anexo 5. NAM**



**Anexo 6. Aplicación de fertilizante combinados con enmiendas orgánicas**





**Anexo 7. Dosificación de fertilización**





**Anexo 8. Evaluación de raíces sanas T1 a los 60 días**





**Anexo 9. Evaluación de raíces sanas T2 a los 60 días**





**Anexo 10. Evaluación de raíces sanas T3 a los 60 días**





**Anexo 11. Evaluación de raíces sanas T4 a los 60 días**





**Anexo 12.      Peso de raíces sanas de T1 a los 60 días**



**Anexo 13.      Peso de raíces sanas de T2 a los 60 días**



**Anexo 14.      Peso de raíces sanas de T3 a los 60 días**



**Anexo 15.      Peso de raíces sanas de T4 a los 60 días**





**Anexo 16. Evaluación de raíces sanas T1 a los 60 días**



**Anexo 17. Evaluación de raíces sanas T2 a los 60 días**





**Anexo 18. Evaluación de raíces sanas T3 a los 60 días**



**Anexo 19. Evaluación de raíces sanas T3 a los 60 días**





**Anexo 20.      Peso de raíces sanas de T1, 2, 3 y a los 90 días**



**Anexo 21. Crecimiento y asociación de ME con la rizosfera de la planta**