UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE BANANO (MUSA X PARADISIACA)

BRITO ROMERO RICARDO GABRIEL
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2022

UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE BANANO (MUSA X PARADISIACA)

BRITO ROMERO RICARDO GABRIEL
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2022

UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE BANANO (MUSA X PARADISIACA)

BRITO ROMERO RICARDO GABRIEL
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 21 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
2022

Tesis Brito

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	1%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.mag.go.cr Fuente de Internet	1%
2	documentop.com Fuente de Internet	<1%
3	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	<1%
4	revistas.unicolmayor.edu.co Fuente de Internet	<1%
5	aprenderly.com Fuente de Internet	<1%
6	acad.ucaldas.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	doaj.org Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Trabajo del estudiante	<1%
9	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	

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

El que suscribe, BRITO ROMERO RICARDO GABRIEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE BANANO (MUSA X PARADISIACA), 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 dispociones 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, 21 de febrero de 2022

BRITO ROMERO RICARDO GABRIEL
0706585536

DEDICATORIA

A Jehová, Dios. Por haberme brindado su cuidado, dirección y capacidad para superar cada obstáculo presente en el camino y alcanzar así las metas que me he planteado

A mis padres Segundo Ricardo Brito Domaure y Gloria Graciela Romero Vargas quienes con mucha abnegación se encargaron de proveerme lo necesario, en sentido físico, moral y espiritual.

A mi amada hermanita Yerly Gabriela Brito Romero, que siempre me infundió ánimo y cariño.

AGRADECIMIENTOS

No me alcanzará el tiempo para agradecer el esfuerzo que mis padres han desplegado con mucho amor para que pueda culminar una etapa tan importante en mi formación. Profundo agradecimiento a mi hermanita que desde que llegó a mi vida la ha llenado de alegría.

Al selecto grupo de docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias que con vocación se han empeñado en hacer de sus estudiantes no solo excelentes profesionales sino también excelentes seres humanos.

Entre los docentes que me han ayudado en mi formación profesional, quiero destacar la labor del Ing. José Quevedo y al Ing. Julio Chabla, que me ayudaron a mirar la vida desde una mejor perspectiva y desarrollar virtudes como la resiliencia, tan útil en esta turbulenta vida.

Al Ingeniero Jorge Valle, gerente de Fitecua, por habernos provisto los insumos empleados, además de abrirnos amablemente las puertas de su finca y empresa.

A mi hermosa enamorada Keyla Triana Rivera, quien con mucho amor, siempre encontró las palabras que necesitaba escuchar para seguir adelante.

A mis compañeros Carlos Granda y Jordy Sócola con quienes compartí numerosos momentos de alegría y de trabajo.

EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE BANANO (MUSA X PARADISIACA)

Brito Romero, Ricardo Gabriel
Quevedo Guerrero, José Nicasio

RESUMEN

El cultivo de banano representa un eje fundamental para la actividad económica del país generando más oportunidades de empleo que cualquier otro sector productivo no petrolero, influyendo significativamente en la reducción de la pobreza de las zonas rurales principalmente. La producción de banano en Ecuador es realizada en mayor medida por pequeñas y medianas empresas, que en conjunto representan más del 95% de los productores. La continua tecnificación de muchas de las plantaciones ha permitido elevar la calidad de su fruta a los estándares internacionales de calidad y hacerse acreedoras de certificaciones como las norma ISO, HACCP, Rainforest Alliance, GLOBALGAP, entre otras. Debido a la relevancia económica del sector bananero, cualquier variación adversa de los factores que inciden sobre su desenvolvimiento traería graves consecuencias para la economía familiar, en especial las de zonas rurales. Con el afán de contribuir al incremento de la productividad de las plantaciones bananeras el presente trabajo de titulación repara en uno de los aspectos más importantes de la nutrición del cultivo de banano, la estimulación radicular. Tomando como premisa que el vigor del sistema radicular permitirá a la planta aprovechar de forma eficiente los nutrientes provistos por el suelo y mediante la fertilización, así como la correcta función de anclaje, se evaluaron 11 productos existentes en el mercado orientados a la estimulación radicular. Dichos productos estuvieron dispuestos en 12 combinaciones (tratamientos) recomendadas por las casas comerciales propietarias de los mismos. Los resultados de los 12 tratamientos se contrastaron con un tratamiento testigo (T13) para valorar si su efecto sobre los parámetros de producción y sanidad radicular la justifican de su costo. El presente trabajo

de investigación de desarrolló en una finca con cultivo de banano clon Williams ya establecido. El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar. El área de cada bloque fue de 0,3 hectáreas y dentro de ellos se distribuyeron en zigzag las unidades experimentales a quienes se les valoró las variables biométricas y de producción. Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de raíces sanas (PRS), Peso de racimo (PRC), peso de manos(Pman), peso de raquis (Praq), número de manos (NM), grado de la mano del sol (GmS), número de dedos de la mano del sol (NDMS), grado de la última mano(GUM), longitud de dedos de la ultima mano (LDUM), número de hojas a la parición (NHP) y días a la parición (DPR). El análisis estadístico se realizó empleando el software IBM SPSS Estatistics 21; se realizó un análisis de varianzas (ANOVA) de un factor determinando así que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los efectos que los tratamientos ejercieron sobre la variable Porcentaje de raíces sanas, sin embargo, cabe destacar que los tratamientos 12, 3, 8, 10 y 2 incrementaron su valor respecto a la primera evaluación. Al finalizar la investigación el tratamiento 12 fue quien reportó un mayor porcentaje de raíces sanas (78, 26%). De la misma manera, para las variables de producción no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de los tratamientos, a excepción de las variables grado de la última mano y longitud del dedo de la ultima mano.

Palabras clave: Estimulantes radiculares, Variables biométricas, Porcentaje de raíces sanas

SUMARY

Banana cultivation represents a fundamental axis for the economic activity of the country, generating more employment opportunities than any other non-oil productive sector, significantly influencing the reduction of poverty in rural areas mainly. Banana production in Ecuador is carried out to a greater extent by small and medium-sized companies, which together represent more than 95% of the producers. The continuous modernization of many of the plantations has allowed raising the quality of their fruit to international quality standards and earning certifications such as ISO, HACCP, Rainforest Alliance, GLOBALGAP, among others. Due to the economic relevance of the banana sector, any adverse variation of the factors that affect its development would have serious consequences for the family economy, especially those in rural areas. With the aim of contributing to the increase in the productivity of banana plantations, the present titling work focuses on one of the most important aspects of banana crop nutrition, root stimulation. Taking as a premise that the vigor of the root system will allow the plant to efficiently take advantage of the nutrients provided by the soil and through fertilization, as well as the correct anchoring function, 11 products on the market aimed at root stimulation were evaluated. These products were arranged in 12 combinations (treatments) recommended by the commercial houses that own them. The results of the 12 treatments were contrasted with a control treatment (T13) to assess whether its effect on production parameters and root health justify its cost. The present research work was carried out on a farm with already established Williams clone banana cultivation. The experimental design used was a randomized complete block design. The area of each block was 0.3 hectares and within them the experimental units were distributed in a zigzag, to whom the biometric and production variables were assessed. The variables evaluated were: Percentage of healthy roots (PRS), bunch weight (PRC), hand weight (Pman), rachis weight (Praq), number of hands (NM), sun hand degree (GmS) , number of fingers of the hand of the sun (NDMS), degree of the last hand (GUM), length of fingers of the last hand (LDUM), number of leaves at calving (NHP) and days at calving (DPR) . Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 21 software; An analysis of variance (ANOVA) of one factor was carried out, thus determining that there were no statistically significant differences in the effects that the treatments exerted on the variable Percentage of healthy roots, however, it should be noted that treatments 12, 3, 8, 10 and 2 increased their value compared to the first evaluation. At the end of the investigation,

treatment 12 was the one that reported a higher percentage of healthy roots (78, 26%). In the same way, for the production variables, no statistically significant differences were observed between the effects of the treatments, except for the variables degree of the last hand and length of the finger of the last hand.

Keywords: Root stimulants, Biometric variables, Percentage of healthy roots

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 10

1.1 OBJETIVO GENERAL 11

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11

2 MARCO REFERENCIAL 12

2.1 EL BANANO 12

2.1.1 Clasificación taxonómica 13

2.1.2 Morfología del banano 13

2.1.3 Variedades 16

2.1.4 Fases fenológicas 18

2.1.5 Labores culturales 19

2.1.6 Requerimientos ambientales 24

2.2 ESTIMULACIÓN RADICULAR EN EL CULTIVO DE BANANO 27

2.2.1 Importancia de las raíces para el banano 27

2.2.2 Productos usados para estimular las raíces en banano 28

3 MATERIALES Y MÉTODOS 32

3.1 MATERIALES 32

3.1.1 Ubicación del ensayo 32

3.1.2 Características del sitio de investigación 33

3.1.3 Materiales de campo 33

3.1.4 Tratamientos 34

3.1.5 Variables a evaluar 34

3.2 METODOLOGÍA 35

3.2.1 Selección del material vegetal 35

3.2.2 Preparación de los tratamientos 35

3.2.3 Medición de las variables. 36

3.2.4 Diseño experimental 39

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 40

4.1 ANOVA de un factor 40

4.2 Porcentaje de raíces sanas 41

4.3 Peso de Total de raíces 42

4.4 Peso del Racimo 44
4.5 Peso de manos 45
4.6 Peso de Raquis 46
4.7 Número de manos 47
4.8 Grado de la mano del Sol 48
4.9 Número de dedos de la mano del sol 49
4.10 Grado de la última mano 50
4.11 Longitud de dedos de la ultima mano 51
4.12 Número de hojas a la parición 52
4.13 Días a la Parición 53
5 CONCLUSIONES 55
6 RECOMENDACIONES 56
7 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA 57
8 ANEXO 64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del cultivo de banano 14
Tabla 2 Concentración de macro y micronutrientes en plantas de banano 23
Tabla 3 Codificación de los productos empleados 35
Tabla 4 Combinaciones y dosis de los tratamientos aplicados 36
Tabla 5 ANOVA de un factor para las variables evaluadas 39
Tabla 6 Prueba post-hoc de Tukey para la variable peso total de raíces 43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de una planta de banano 13
Figura 2. Sistema radicular de la planta de banano 15
Figura 3 Representación del desarrollo fenológico de una planta de banano 19
Figura 4 Requerimientos hídricos durante cada fase del cultivo 26

Figura 5 Sintomatología del daño causado por nemátodos barrenadores en las raíces de banano 28
Figura 6 Influencia de las sustancias húmicas sobre la CIC del suelo 31
Figura 7 Ubicación del lugar del ensayo. Finca Nueva Era 33
Figura 8 Preparación de las dosis de los tratamientos 36
Figura 9 Extracción de las muestras de raíces para su posterior evaluación 37
Figura 10 Evaluación de la variable peso del racimo 38
Figura 11 Evaluación de la variable grado de la mano del sol 39
Figura 12 Comparación de medias marginales del porcentaje de raíces sanas 42
Figura 13 Comparación de medias de la variable peso total de raíces 43
Figura 14 Comparación de medias de la variable peso del racimo 45
Figura 15 Comparación de medias de la variable peso de manos 46
Figura 16 Comparación de medias de la variable peso de raquis 47
Figura 17 Comparación de medias de la variable número de manos 48
Figura 18 Comparación de medias de grado de la mano del sol 49
Figura 19 Comparación de medias del número de dedos de la mano del sol 50
Figura 20 Comparación de medias de la variable grado de la última mano 51
Figura 21 Comparación de medias de la variable Longitud de dedos de la última mano52
Figura 22 Comparación de medias de la variable número de hojas a la parición 53
Figura 23 Comparación de medias de la variable días a la parición 54

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Estimados amigos y compañeros de tesis. Carlos Granda y Jordy Sócola 65
Anexo 2 Preparación de los tratamientos 65
Anexo 3 Tratamiento 11. Diferencia significativa en peso total de raíces 66
Anexo 4 Raíces de tratamiento testigo 66

1 INTRODUCCIÓN

La cadena de producción y procesamiento del banano constituye un pilar fundamental en la economía del país, llegando a depender de esta actividad numerosas familias, principalmente en la región costa. En el 2018, la producción ecuatoriana de banano representó el 34,86 % de las exportaciones concretadas en el mundo con 6,64 millones de toneladas. Esta cifra le permitió ubicarse en el primer lugar de la lista de países exportadores. El primer semestre del año 2020 se registró un incremento de 7,3 % en miles de toneladas respecto al mismo periodo del año anterior, significando un ingreso de $2.003.206 millones de dólares para el país. (Sánchez, Vayas, Mayorga, & Freire)

La relevancia económica del cultivo de banano en la economía ecuatoriana se refleja en el hecho de ser el segundo producto dentro de las exportaciones tradicionales, solo detrás del camarón mientras que en las exportaciones primarias ocupa el tercer lugar superado en cifras por el petróleo y el camarón. Cabe destacar que en el proceso de producción y exportación de esta fruta genera más oportunidades de empleo que cualquier otro producto no petrolero, contribuyendo en gran medida a los principales indicadores agregados: producción, empleo y comercio exterior (Estrada Martínez & Encalada Pardo, 2018).

Las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro contribuyen al 88% del total de ventas anuales por cultivo. Del total de productores bananeros en Ecuador, los grandes productores se encuentran en su mayoría en las provincias de Guayas y Los Ríos mientras que en la provincia de El Oro se concentran principalmente los pequeños productores. (Sánchez, Vayas, Mayorga, & Freire)

A pesar de la importancia que ha adquirido el sector bananero debido a su creciente participación en el ingreso de divisas para el país, aún queda mucho por mejorar en cuanto a la productividad y al manejo de plagas y enfermedades persistentes, que impiden explotar todo el potencial genético de las unidades de producción. En cuanto al primer punto mencionado; el promedio de producción anual en el país es de 1900 cajas por hectárea mientras que en otros países el promedio de producción es superior a las 3000 cajas por hectárea. (Procomer, 2019)

El camino a recorrer para incrementar la producción de las bananeras inicia por mejorar la eficiencia de los procesos fisiológicos de las plantas. Una de las estructuras de la planta más relacionadas con el rendimiento es el sistema radicular puesto que 13 de los 16

elementos esenciales que participan en la regulación del crecimiento y fructificación son obtenidos del suelo. (López & Espinoza, 1995)

La estimulación radicular realizada con productos orgánicos o sintéticos permitirá aprovechar mejor los elementos provistos por el suelo y dotados mediante la fertilización. Actualmente en el mercado existen muchas alternativas para esta finalidad. Con el objetivo de evaluar la eficacia de estos insumos, en el presente trabajo se analiza el efecto estimulante de 11 productos dispuestos en 12 combinaciones para de esta manera poner a disposición del productor recursos que realmente contribuyen a la rentabilidad de su cultivo.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la aplicación de enraizadores sobre los parámetros morfoagronómicos en el cultivo de banano (Musa x paradisiaca)

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la eficacia de las interacciones de enraizantes empleados mediante la estimación del porcentaje de raíces sanas.

- Estimar el impacto de los enraizantes utilizados sobre la producción de las plantas de banano.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 EL BANANO

La planta de banano es herbácea, perenne y monocotiledónea. Es originaria del sureste de Asia, en las costas occidentales del Pacífico. Pertenece a la familia de las Musáceas y recibe el nombre científico de *Musa x paradisiaca*. Posee tallos subterráneos llamados cormos de los cuales emergen hojas cuyos pecíolos alargados constituyen el pseudotallo. En el interior del pseudotallo se desarrollar el eje floral que posteriormente derivará en el racimo. Del cormo también brotan yemas en forma radial que dan paso a la formación de otros cormos. Esta última característica permite una cosecha sucesiva en el tiempo durante todo el año confiriendo el atractivo económico que ha favorecido la extensión de su siembra tanto en regiones tropicales y subtropicales.

Figura 1 Partes de una planta de banano

Fuente: Duque Arboleda, Montesalve Castañeda, & Restrepo Tabares (2019)

Los cultivares de banano, en su mayoría, provienen de la hibridación de las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (Parra Pachón, Cayón Salinas, & Polanía Vorenberg, 2009). La poliploidia es la singularidad que le confiere vigor, productividad y adaptación a las musáceas. Los clones con importancia comercial son triploides de *Musa*

acuminata (AAA). Dentro de este grupo encontramos a clones como el Gros Michel y Cavendish. La expresión del fenotipo de cada variedad está determinada por sus niveles de ploidía. Por ejemplo, el tamaño estomático es directamente proporcional al nivel de ploidía mientras que la densidad estomática tiene una relación inversamente proporcional a la ploidía de la variedad (Valerio, Lindorf, & García de García, 2002).

Los principales clones de banano comercializados actualmente se reproducen de forman asexual pues la esterilidad es una cualidad prevalente en los triploides.
(Sabio, Salgado, & Salgado)

2.1.1 Clasificación taxonómica

Taxonomía del banano

Tabla 1 Clasificación taxonómica del cultivo de banano

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	Musa
Nombre científico	Musa sp

Fuente: Suárez Figueroa (2019)

2.1.2 Morfología del banano

2.1.2.1 Sistema radicular

El sistema radicular es fasciculado y se concentra en los primeros 20 cm del suelo. Su origen se encuentra en el cambium y crecen hasta la superficie del cormo brotando en grupos de hasta cuatro por los nudos y entrenudos, distribuidas de forma radial. (Valencia Morla, 2018) La mayoría emergen de la parte superior del cormo y su número desciende hacia la parte inferior. Las raíces jóvenes son blandas y de color blanco; a medida que envejecen se

endurecen y se tornan amarillentas debido a la suberización del tejido. Horizontalmente pueden alcanzar una longitud de hasta 3 metros mientras que verticalmente pueden extenderse hasta 1.5 metros. Las raíces del banano tienen una fuerza de penetración muy débil llegando a estar condicionado su crecimiento a la textura del suelo. (Sabio, Salgado, & Salgado)**.**

La planta de banano posee dos tipos de raíces: las raíces adventicias, encargadas del anclaje y las raíces laterales de primer, segundo y tercer orden, destinadas a la absorción de agua y nutrientes. Las raíces laterales de primer orden crecen a unos 15 cm de la cofia de la raíz adventicia y pueden reemplazarla en su función cuando esta ha sufrido algún tipo de daño. Las raíces laterales son funcionales solo durante 5 a 8 semanas mientras que las adventicias permanecen funcionales durante 4 a 6 meses (Blomme G. S., 2003).

En el extremo radicular se encuentran los pelos absorbentes que son las estructuras por donde la planta absorbe los nutrientes y agua del suelo. La emisión de raíces culmina en la emergencia floral sin embargo continúa cumpliendo sus funciones en la posteridad. Hasta el momento de la floración una planta puede producir entre 200 y 500 raíces.

Figura 2. Sistema radicular de la planta de banano

Fuente: Galan, y otros, (2018)

2.1.2.2 ***Cormo***

Es el tallo subterráneo de la cual emergen las hojas cuyo pecíolo modificado da forma al pseudotallo. Internamente está constituido por el cilindro central y la zona cortical; ambas partes están separadas por haces vasculares dispuestos en sentido longitudinal. En la parte

superior se encuentra la zona de crecimiento apical donde ocurre la diferenciación celular y posterior crecimiento de las hojas. (Sabio, Salgado, & Salgado). Su función principal es almacenar los nutrientes que sustentarán el crecimiento de la planta. Se estima que el cormo representa el 35 % de la materia orgánica de la planta antes de la floración. Ese valor disminuye después de la emergencia de la bellota a un 20 % debido a la distribución de nutrientes. Los nudos se encuentran muy unidos y de cada uno de ellos crecen 3 o 4 raíces. Durante la producción de hojas también brotan yemas que darán origen a los hijuelos. Cada hijuelo nace de una yema lateral opuesta a cada hoja. (Valencia Morla, 2018)

2.1.2.3 ***Pseudotallo***

El pseudotallo se encuentra formado por las vainas modificadas de las hojas. Su función es la conexión entre las láminas foliares y el tallo verdadero así como la conexión entre las láminas foliares y el fruto. Por otra parte, también es la estructura de soporte de los órganos aéreos de la planta. Al realizar un corte transversal del pseudotallo se puede apreciar las láminas foliares en forma de medialuna cuyos bordes se ajustan a las hojas vecinas. Cada hoja nueva debe crecer enrollada por el interior del pseudotallo hasta el extremo para poder extender las láminas foliares. Su longitud depende de la variedad siendo en el clon Cavendish corto, cónico y grueso (Rodríguez, Cayón, & Mira , 2006).

2.1.2.4 ***Hojas***

Tienen su origen en la parte superior del cormo. Cada hoja crece a través del centro del pseudotallo que está formado por la superposición de las vainas foliares modificadas. Cada vaina reduce en su extremo su grosor para formar un peciolo que al prolongarse constituye la nervadura central que dividirá el limbo en dos láminas foliares. El grosor del peciolo está en función de la variedad. (Pro Musa, 2020). Las hojas tienen una disposición en espiral y pueden alcanzar una longitud entre 2 a 4 metros y hasta 1,5 metros de ancho. Durante el crecimiento de la planta se puede observar tres tipos de hojas: Hojas rudimentarias, hojas ensiformes y hojas verdaderas (Sabio, Salgado, & Salgado). La emergencia de hojas culmina al momento de la floración. La función de la hoja es la producción de fotoasimilados que serán distribuidos al resto de la planta con un objetivo funcional o estructural.

2.1.2.5 Inflorescencia

Por una acción hormonal se detiene en la parte superior del cormo la diferenciación de brotes foliares. Simultáneamente, empieza a formarse el eje floral y se extiende por el interior del pseudotallo hasta su extremo superior. Una vez emergida la inflorescencia se desarrolla transformándose en el racimo. Transcurren 8 meses desde que se planta el hijuelo hasta la emergencia de la inflorescencia. Entre los 5 a 10 primeros nudos del pedúnculo floral se desarrollan flores con un ovario fértil y estambres estériles mientras que en los nudos extremos crecen flores con únicamente estambres fértiles (Gómez Calle, 2017).

2.1.2.6 Racimo

El fruto del banano es una baya oblonga. En las variedades comerciales, se derivan de la transformación de las flores femeninas sin la necesidad de ser fertilizadas por el polen, siendo ellos partenocárpicos. Las flores femeninas se insertan en el raquis floral dispuestas en conjuntos o "manos" (Gómez Calle, 2017). La cantidad de azúcar fluctúa entre el 12 y 16 % mientras que la cantidad de almidón fluctúa entre 5 y 7 % (Sabio, Salgado, & Salgado).

2.1.3 Variedades

Las variedades que se cultivan en Ecuador con fines de exportación son: Williams, Valery y Cavendish. A continuación, se describen cada una de ellas:

2.1.3.1 Williams

La variedad Williams tiene un porte semienano y pseudotallo vigoroso. Su sistema radicular es extenso mermando la posibilidad de volcamiento por viento (Suárez Figueroa, 2019).

Entre sus atributos cabe destacar su rusticidad para tolerar climas adversos y malas condiciones de agua y suelo. Por otro lado, presenta vulnerabilidad ante sigatoka negra y nemátodos. Es la segunda variedad más importante solo detrás de la variedad gran enano. Su pseudotallo puede alcanzar longitudes de hasta 4 metros. Cuenta con menor capacidad fotosintética que el gran enano al tener sus hojas semi inclinadas. Su racimo es cónico y requiere mantenimiento frecuente y oportuno (Benavides Silva, 2018) .

2.1.3.2 ***Valery***

Es una variedad que ha destacado en el mercado en parámetros de calidad como longitud, forma y grosor de las manos así como en color y sabor. La planta puede crecer hasta los 4,5 metros de altura. El pseudotallo tiene una tonalidad amarillo verdoso y alcanzar un diámetro de 50 centímetros. Las hojas son verdes claras y el peciolo de un tono amarillo verdoso. El racimo es ligeramente cilíndrico y de lenta maduración.. El Ciclo vegetativo dura entre 8,2 y 9,5 meses. Las desventajas que presenta son la susceptibilidad al moko, sigatoka negra, nemátodos y a los volcamientos (Benavides Silva, 2018).

2.1.3.3 ***Gran Enano***

La variedad Gran Enano presenta un exuberante sistema radicular que puede extenderse hasta los 150 cm en sentido horizontal si las condiciones edáficas lo permiten. La altura alcanzable por esta variedad oscila entre 1,5 a 2,5 metros. Las hojas tienen una coloración más oscura que otros clones. El racimo es más o menos cónico mostrando cierto desorden en la disposición de los dedos de las primeras manos. El ciclo vegetativo dura entre 8,3 y 10,3 meses. Es vulnerable a la sigatoka negra y a nemátodos barrenadores (Benavides Silva, 2018).

2.1.3.4 ***Fisiología de la planta***

Cada órgano de la planta depende funcional y estructuralmente de los demás órganos. Esta realidad se manifiesta en que el estado sanitario y funcional del sistema radicular influye proporcionalmente en las funciones de los órganos aéreos de la planta. Si bien es conocido que la raíz se encarga de brindar anclaje al suelo también se encarga de la absorción de nutrientes, oxígeno y agua. Por otra parte, contribuye a la regulación del metabolismo mediante la producción de fitohormonas como las citoquininas. El sistema radicular funge además como yacimiento de energía que la planta usará cuando sus demandas energéticas así lo exijan. (Segura Monge, 2018).

La parte aérea capta y reduce el CO2 proveniente de la atmósfera para que, haciendo uso de la energía solar y el agua absorbida del suelo, elaborar hidratos de carbono que sustentan la respiración y producción de materia seca. Además, la parte aérea proporciona, en caso de carencia, energía y oxígeno a las raíces. Plantas como el banano poseen aerenquimas

en las raíces para ser provistas de oxígeno por las partes aéreas de este elemento en caso de ausencia y poder continuar con el proceso de respiración (Gómez Calle, 2017)

2.1.4 Fases fenológicas

Se ha identificado que el cultivo de banano en su crecimiento atraviesa por tres fases fenológicas que se describen a continuación:

2.1.4.1 Fase infantil

Inicia al momento que el cormo recién sembrado germina o al momento de la aparición de los hijuelos en una plantación ya establecida. Durante esta etapa las plantas presentan hojas escuamiformes de color pardo. Al término de tres meses, la planta puede alcanzar una altura de 50 cm aproximadamente. La fase infantil concluye con la emergencia de la primera hoja cuya lámina foliar tiene 10 cm de ancho (denominada F10) (CATIE, 2017).

2.1.4.2 Fase Juvenil

Esta etapa dura aproximadamente 91 días. Inicia con la emergencia de la hoja F10 y culmina con la aparición de la hoja Fm, indicando el inicio de la independencia de la planta madre. Las dimensiones de la hoja Fm son similares a las de la planta madre y suele aparecer entre la hoja 13 y 20 (CATIE, 2017).

2.1.4.3 Fase Reproductiva

Esta fase se extiende desde la aparición de la hoja Fm hasta la cosecha del fruto. Indica la culminación de la diferenciación de las hojas, aunque solo hayan emergido la mitad, y el inicio de la diferenciación de la floral. Puede subdividirse en dos etapas: desde la hoja Fm hasta la floración y desde la floración hasta la cosecha; su duración es de aproximadamente 125 y 84 días respectivamente (CATIE, 2017).

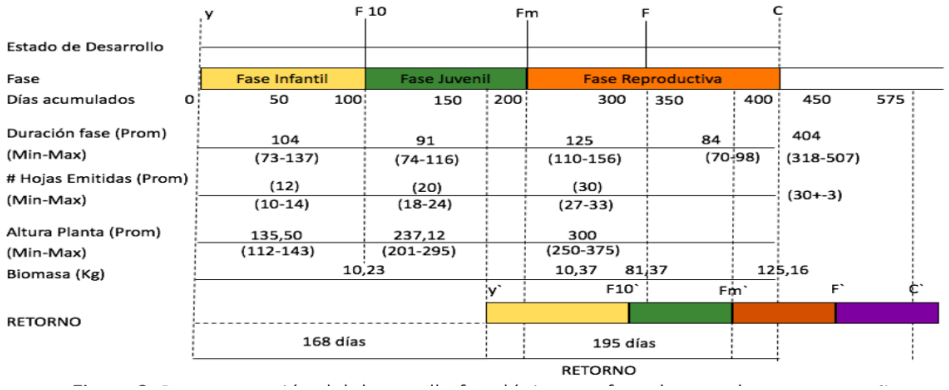

Figura 3 Representación del desarrollo fenológico de una planta de banano

Fuente: CATIE (2017)

2.1.5 Labores culturales

2.1.5.1 Selección del terreno

El terreno donde se sustentará la producción debe poseer características determinadas que permitan obtener el máximo provecho del potencial genético del clon seleccionado. Los suelos deben ser, de preferencia, de topografía plana o con poca pendiente que permita la fácil movilización dentro de la plantación para ejecutar las labores requeridas por el cultivo (Villarreal Núñez, y otros, 2013). Los suelos deben ser también profundos y bien drenados para favorecer el crecimiento del sistema radicular. Los suelos de textura franca son los más idóneos para el cultivo del banano (Benítez Ibarra, 2017).

2.1.5.2 Siembra

Antes de la siembra se debe seleccionar un material vegetal sano con gran vigor genético. El clon debe adaptarse a las características edafoclimáticas del sitio de siembra. La distancia entre plantas está en función del clon elegido. Los arreglos comúnmente usados son el cuadrado real, tresbolillo, doble hilera y rectángulo.

El material de propagación puede provenir de los cormos de las plantas recién paridas, cormos de plantas en las cuales aún no haya emergido la inflorescencia o de la técnica de multiplicación de tejidos (Galan, y otros, 2018). La técnica de multiplicación de tejidos brinda las ventaja de mayor vigorosidad, homogeneidad y sanidad (CATIE, 2017).

2.1.5.3 ***Riego y drenaje***

El banano, por su estructura y fisiología, es muy demandante de agua. La literatura científica disponible al respecto indica que la planta de banano requiere entre 1800 y 3000 mm anuales de precipitación distribuidos uniformemente en todo el año (Herrera Flores , 2020). No obstante, en el Ecuador la diferencia de intensidad de precipitaciones en la estación seca y lluviosa está muy marcada. Para aplacar el impacto de esta irregularidad es necesario aportar el agua necesaria mediante sistemas de riego. De no hacerlo, el crecimiento y desarrollo de la planta se verá afectado gravemente. Los racimos carecerán de valor comercial. Los síntomas de deshidratación son la desecación de las hojas bajeras que asciende a las más nuevas y en caso de sequía crítica, ocurre la rotura del pseudotallo.

Los principales sistemas de riego usados en el sector bananero son el riego por aspersión subfoliar, aspersión foliar (Saavedra Jaen , 2017).

Con la dotación de agua se pretende llevar la humedad del suelo a capacidad de campo(CC); situación en que el contenido de agua del suelo se concentra únicamente en los microporos mientras que los macroporos están ocupados por aire. Se estima que un suelo saturado llega a CC después de haber transcurrido entre 24 y 72 horas (Garacía Petillo, Puppo, Hayashi, & Morales, s.f.). Se debe considerar que la calidad del agua incide en la producción pudiendo provocar acumulación de sales y ralentizar la infiltración (Santacruz de León & Santacruz de León, 2020).

Para la elaboración del sistema de drenaje se debe considerar las necesidades del terreno. Existen dos tipos de drenaje: profundos y superficiales. Estos últimos cumplen la sola función de evitar encharcamientos. En el caso de los drenes profundos, se los utiliza cuando la napa freática es muy alta y se quiere corregir la percolación. Un buen diseño del sistema de drenaje favorece la productividad y mengua la incidencia de plagas y enfermedades (Saavedra Jaen , 2017).

2.1.5.4 ***Control de nemátodos***

La importancia de esta labor estriba en que permite controlar la población de una de las plagas que más impacto tienen en la producción. El daño principal que causan los nemátodos es la destrucción de las raíces; barrenando y consumiendo el órgano que le permite a la planta absorber los nutrientes del suelo y anclarse a él (Delgado Párraga, Navia, Triviño, Peñaherrera, & Zambrano Mero, 2021).

Entre los productos comúnmente usados en las bananeras ecuatorianas para el control de nematodos se encuentran el Terbufos, Rugby, Counter y Furadan. La distribución en campo de los productos se realiza con la ayuda de un equipo de aplicación y se realiza alrededor de cada unidad de producción a unos 50 cm del pseudotallo. Para cuidar de la salud del personal de trabajo se recomienda usar equipo de protección. Se debe monitorear constantemente el grado de infestación antes de realizar aplicación alguna puesto que los productos suelen ser costosos y altamente tóxicos (Aboboreira Neto, 1994).

2.1.5.5 ***Deshoje***

Consiste en remover las partes de la hoja afectadas por sigatoka o deterioradas por acción del viento, para ello puede ser necesario quitar toda la hoja o parte de ella. El criterio para decidir por qué opción decantarse es el siguiente: si la parte afectada es inferior al 50 % de la hoja solo se realiza un despunte pero si la zona afectada es superior al 50 % del área de la hoja, se corta la hoja entera. También se eliminan aquellas hojas que no contribuyen al crecimiento de la planta o estorban al racimo. Esta actividad asegura una alta productividad, favorece la aireación y luminosidad dentro de la plantación.

Es importante realizar la desinfección de las herramientas. Para este cometido se mezcla 250 de formalina en 750 ml de agua, 5 ml de yodo en un litro de agua o cloro a 200 ppm (IICA, s.f.).

2.1.5.6 ***Deshije***

El deshije está orientado a la eliminación de los hijos de agua y a la selección de los hijos espada sucesores alrededor de la planta madre.

La tendencia actual en plantaciones establecidas es el sistema donde solo se elige un solo hijo por cada planta madre y de este solo se seleccionará un solo sucesor. Una doble selección se recomienda en plantaciones con baja densidad poblacional. En caso de una plantilla, la labor de deshije se iniciará en el quinto mes mientras que en plantaciones establecidas la actividad se realiza cada dos meses (Benítez Ibarra, 2017).

2.1.5.7 ***Fertilización***

La fertilización consiste en la reposición de los nutrientes extraídos por la planta al suelo. Se puede realizar mediante fertilizantes químicos u orgánicos. Un fertilizante bien

distribuido en espacio en el suelo y tiempo favorecerá el máximo aprovechamiento del mismo por la planta.

El área en el cual se aplicará el fertilizante debe estar libre de obstáculos que impidan el contacto directo del producto con el suelo. La forma de distribuir el abono es en media luna a 90 cm del hijo sucesor. De manera general se realiza una aplicación mensual basada siempre en las necesidades del suelo, reportadas por un análisis de laboratorio preferentemente (Aboboreira Neto, 1994).

Belalcazar, citado por Combat, Martínez, y Barrera (2004), sostiene que es imprescindible que exista un balance entre los elementos aportados mediante la fertilización y aquellos que se encuentran en el suministro del suelo. Este tipo de gestión permite hacer un uso razonable de los medios de producción.

Tabla 2 Concentración de macro y micronutrientes en plantas de banano

Elemento	Símbolo	Forma de Absorción	Concentración en materia seca (%)
Macronutrientes			
Nitrógeno	N	$NO3^{-}$; $NH4^{+}$	1-4%
Fósforo	P	$HPO4^{-2}$; $H2PO2^{-}$	0,1-0,8%
Potasio	K	K^{+}	0,5-6%
Azufre	S	$SO4^{-2}$	0,05-1%
Magnesio	Mg	Mg^{+2}	0,1-0,8%
Calcio	Ca	Ca^{+2}	0,2-0,35%
Micronutrientes			
Boro	B	$BO3^{-2}$;	5-75 ppm
Fierro	Fe	Fe^{+2}; Fe^{+3}	25-300 ppm
Manganeso	Mn	Mn Mn^{+2}	15-800 ppm
Molibdeno	Mo	MoO^{-}	0,1-5,9 ppm
Cobre	Cu	Cu^{+2}	4-30 ppm
Zinc	Zn	Zn^{+2}	15-100 ppm
Cloro	Cl	Cl^{-}	100-10.000
Sodio	Na	Na^{+}	trazas

Fuente: Atúnez & Felmer (2009)

2.1.5.8 ***Manejo y control de malezas***

El objetivo de eliminar las malezas presentes en el campo es evitar la competencia de estas con el cultivo por agua, nutrientes y luz para realizar la fotosíntesis. Otro perjuicio que causan las malezas es que suelen ser hospederas de plagas y enfermedades. Las gramíneas son las malezas que más impacto causan sobre el banano, en especial durante las primeras fases del cultivo, retrasando el crecimiento y desarrollo.

Las malezas más recurrentes son las gramíneas (*Paspalum paniculatum, Eleusine indica, Digitaria horizontalis*), dicotiledóneas (*Borreria sp, Acalipha sp, Galinsoga sp, Phyllantus niruri y Drymaria cordata*) y ciperáceas (*Cyperus diffusus, C. flavus y C. luzulae*). La manera más común de controlar las malezas es con aplicaciones químicas, sin embargo, debido a la fitotoxicidad y prolongada residualidad, en la actualidad se promueve el uso de alternativas de bajo impacto (CATIE, 2017). Las coberturas vivas y productos orgánicos han demostrado eficacia en el control de malezas. Las arvenses destinadas a coberturas deben ser de bajo porte y raíz poco profunda, así como un hapbito rastrero y resistencia al pisoteo. (Agüero Alvarado, Rodríguez-Ruiz, González Lutz, Portuguez García, & Brenes Prendas, 2018)

2.1.5.9 ***Manejo de plagas y enfermedades***

En todas las zonas productoras de banano en Ecuador se registran problemas fitosanitarios cuyo grado de afectación estará en función de las condiciones climáticas y tolerancia del cultivo. Insectos, hongos, virus, bacterias y nemátodos son los responsables de cuantiosas pérdidas para el sector.

Para una producción sostenible que considere las variables ambientales, sociales y tecnológicas es necesario integrar los diferentes métodos de control: cultural, natural, biológico y químico (AUGURA, 2009)

El manejo integrado de plagas promueve reducir al mínimo el uso de productos fitosanitarios químicos que implican riesgos para la salud y el medio ambiente. Su uso se admite únicamente cuando la acción se justifica desde un punto de vista económico. Es decir, la población de las plagas excede los niveles bajo los cuales no producen pérdidas económicas considerables. Los tres pilares que sustentan el manejo integrado de plagas son: la prevención, el monitoreo y la intervención (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2012). Citando un ejemplo, el uso de trampas, atrayentes vegetales y la utilización de feromonas han demostrado ser eficaces para la captura y monitoreo d el picudo negro (*C.*

sordidus) y del picudo rayado (*Metamasius* spp.) (Rojas Rojas, Maldonado Vargas, Meza Zambrano, Lazo Roger, & Palacios Peñafiel, 2019).

2.1.6 Requerimientos ambientales

2.1.6.1 Latitud y altitud

Los mejores registros de producción en el cultivo del banano se ubican entre los 15° al norte y sur de la línea ecuatorial. Sin embargo, es posible obtener buenos rendimientos hasta los 30°. En cuanto a la altitud, se recomienda no exceder los 2000 metros sobre el nivel del mar. El rango óptimo de altura es entre los 400 y 600 metros sobre el nivel del mar. Es importante aclarar que, por cada 100 metros de altura, el ciclo vegetativo del banano puede retrasarse un mes (INTAGRI, 2018).

2.1.6.2 Temperatura

El rango de temperatura que favorece el desarrollo del banano se encuentra entre 25°C y 30°C, siendo los 25°C el valor óptimo. Cuando la temperatura desciende hasta aproximarse a los 16°C ocurre una obstrucción foliar llamada arrepollamiento donde las vainas foliares son más cortas de lo normal dificultando la emisión de flores y la emergencia de las hojas (Tisagi Sigcha , 2017).

2.1.6.3 Luminosidad

El cultivo de banano prefiere zonas de alta luminosidad para un adecuado desarrollo. Buenos rendimientos se registran en zonas con 3 a 4 horas/luz/día. Dónde existe una alta nubosidad el ciclo vegetativo puede alargarse (INIAP, 2014).

2.1.6.4 Precipitación

Dado que el agua constituye más del 80% del peso total de la planta de banano, debe ser suministrada homogéneamente durante el año. El rango entre los 100 a 180 mm mensuales de precipitación es considerado el más idóneo. En zonas como la ecuatoriana,

donde existe una marcada diferencia entre la estación seca y lluviosa, es necesario suplir los requerimientos hídricos durante los meses secos (Villareal Núñez, 2010).

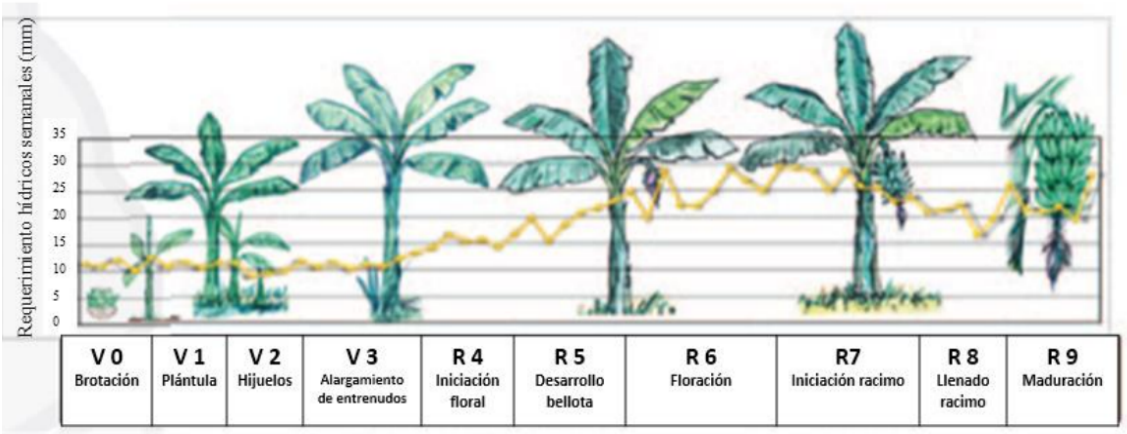

Figura 4 Requerimientos hídricos durante cada fase del cultivo

Fuente: Acevedo Sánchez (2016):

2.1.6.5 ***Nutrición del cultivo***

La fertilización tiene como finalidad reponer los nutrientes extraídos por la planta durante su crecimiento y desarrollo, por ello se debe suministrar una cantidad equivalente de fertilizante. De los 16 elementos esenciales que toda planta requieren para su crecimiento, el nitrógeno y el potasio son los elementos que una planta de banano más absorbe (López & Espinosa, 1998). Para determinar una cantidad exacta de nutrientes necesaria para un óptimo rendimiento, se debe tomar en cuenta la cantidad absorbida y el suministro provisto naturalmente por el suelo (Espinosa & Mite, 2008).

El nitrógeno suministrado al suelo interactúa con él sometiéndose a proceso de volatilización, desnitrificación, lixiviación y por tanto no estar disponible para la planta. Las recomendaciones en cuanto a la cantidad de nitrógeno aplicables por área están basadas en una curva de respuesta del cultivo a diferentes dosis de este elemento. En base a este experimento en campo, de manera general la dosis se encuentra entre 300 a 400 kg de nitrógeno por hectárea. La experiencia técnica sugiere que se debe considerar los factores ambientales antes de realizar una dosificación (Espinosa & Mite, 2008).

Bajo el mismo sistema de curva de dosis crecientes, se ha evaluado la respuesta del cultivo a distintas concentraciones de potasio. Las exigencias de potasio por parte del cultivo de banano son superiores a otros elementos como el nitrógeno o fósforo (Villaseñor, y otros,

2020). Las dosis que mejor respuesta económica han demostrado varía entre 600 y 675 Kg de K2O/ha/ año. Se debe evitar exceder las dosis recomendadas para no inducir deficiencias de magnesio (López & Espinosa, 1998).

La realización de análisis de suelo es una práctica que ha sido usada durante mucho tiempo por su efectividad de diagnóstico que permite suplir la variabilidad de fertilidad del suelo. Una precisión al momento de suministrar nutrientes obedece a la necesidad de evitar antagonismos principalmente entre el potasio, calcio y magnesio. Cuando la presencia de uno de estos elementos es muy elevada reducen el contenido de los demás o impide la absorción (Lahav & Turner, 1992). Los análisis de suelo permiten reducir el impacto que tendría sobre el pH del suelo el uso desmedido de fertilizantes debido a que la mayoría de ellos son de reacción ácida (Sancho & Molina, 2016).

Los requerimientos en fósforo de una planta de banano son relativamente pocos puesto que existe una alta movilidad dentro de la planta siendo transmitido de madre a hijo y posteriormente a nieto. El fósforo interfiere regulando el pH interno de la célula, en la síntesis de almidones, producción de energía, contribuye a la reducción de NADP a NADPH liberando energía que será usado en la respiración, glucólisis y fijación de dióxido de carbono.

Los requerimientos están en función del tipo de suelo. Cuando los suelos son arcillosos y calcáreos el aporte fluctúa entre 75 a 150 kg de P/ha. Suelos del espectro Franco a Franco arenosos y con pH neutro a ligeramente ácido se debe aportar 50 kg de P/ha (Gauggel, 2010).

2.2 ESTIMULACIÓN RADICULAR EN EL CULTIVO DE BANANO

2.2.1 Importancia de las raíces para el banano

El sistema radicular cumple principalmente la función de absorción de nutrientes y agua del suelo, así como el sostenimiento de la planta y la síntesis de reguladores de crecimiento. Además sirve como depósitos de algunos productos resultantes de la

fotosíntesis que posteriormente serán usados como fuentes energéticas (Restrepo Osorno, Patiño Hoyos, & Castañeda Sánchez, 2008).

Como resultado del metabolismo de la planta, la zona circundante de la raíz acumula exudados que regulan la población microbiana del suelo. Los exudados favorecen asociaciones simbióticas que impiden el desarrollo de plagas y plantas competitivas. Los beneficios de la simbiosis que pueda llegar a establecer son principalmente importantes en las primeras etapas de desarrollo (Usuga Osorio, Castañeda Sánchez, Franco Molano, Gómez Velásquez, & Lopera Agudelo, 2008). Se estima que los exudados conforman entre el 5 y el 21% del carbono fijado durante la fotosíntesis (Vásquez , 2003).

Las raíces pueden verse afectadas por factores bióticos y abióticos que reducen sus funciones mecánicas y fisiológicas limitando el anclaje y absorción, repercutiendo todo ello la reducción del rendimiento de la planta (Gómez Tovar, 1983). La propagación asexual de la planta de banano ha favorecido la diseminación de fitoparásitos que se alimentan de las raíces y el cormo. *Radopholus similis* es un nemátodo que puede causar perdidas de producción entre un 20 y 100% (Guzmán Piedrahita, 2011).

Figura 5 Sintomatología del daño causado por nemátodos barrenadores en las raíces de banano

Fuente: (López & Espinoza (1995)

Las características edáficas entre ellas: la temperatura del suelo, humedad, presencia y disponibilidad de nutrientes y la densidad son parámetros que mayor repercusión tienen sobre la calidad de raíces. Adicionalmente, cabe mencionar que las condiciones del clima influyen sobre el crecimiento de las raíces. En cuanto a este punto se registró que el crecimiento de raíces en la variedad Williams fue de 3 cm diarios cuando la

temperatura era de 25 °C mientras el crecimiento fue de 0.5 centímetros por día a 15°C. El crecimiento se detuvo a 11.5 °C (Blomme, Swenner, Ortiz, & Tenkouano, 2006).

2.2.2 Productos usados para estimular las raíces en banano

2.2.2.1 Aminoácidos

Los aminoácidos son moléculas caracterizadas por tener un grupo amino (-NH2) y un grupo ácido (-COOH). Son tan indispensables para la vida como los carbohidratos, vitaminas, lípidos y ácidos nucleicos. Cuando se forman cadenas entre dos o más aminoácidos se producen péptidos que, al fusionarse, dan origen a las proteínas (Tradecorp, 2017).

Existen 20 aminoácidos capaces de formar proteínas y 250 aminoácidos no proteicos que intervienen en el metabolismo y fisiología de la planta (Terralia , 2014).

En la agricultura el empleo de aminoácidos está direccionado a mitigar el estrés producido por factores ambientales (Altas y bajas temperaturas, salinidad) o por períodos de gran demanda energética de la planta tales como: Fotosíntesis, absorción de nutrientes, crecimiento radical, polinización. También intervienen en la gestión de reservas de nutrientes y como precursores de hormonas (Intagri, 2018) Los aminoácidos exógenos pueden ser suministrados de forma foliar o radical puesto que la planta tiene la capacidad de absorberlos e incorporarlos a su metabolismo (Arjona, Herrera, Gómez, & Ospina, 2004).

En cuanto a la estimulación radicular, que es lo que atañe a esta investigación, cabe destacar que la L-metionina y L-arginina favorece la renovación de raíces estimulando la microbiota del suelo y promoviendo el crecimiento, respectivamente (Intagri, 2018).

2.2.2.2 Fitohormonas

Las fitohormonas son compuestos químicos producidos en la planta encargados de regular la fisiología de la planta interviniendo en su crecimiento y desarrollo. Las fitohormonas comúnmente utilizadas son: las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, ácido salicílico, poliaminas, jasmonatos y derivados, brasinoesteroides, etileno y estrigolactonas (Alcantara Cortés, Acero Godoy , Alcántara Cortés , & Sanchez Mora , 2019).

Las auxinas y giberelinas son producidas en las zonas meristemáticas y, desde ahí, trasladas al resto de la planta provocando un alargamiento celular. Para la estimulación radicular se emplean principalmente las auxinas (Ordoñez Cabrera, 2021). Las citoquininas han sido empleadas para organogénesis directa a partir de yemas axilares. Para este fin 6-Bencilaminopurina (6-BAP) es el regulador de crecimiento más usado (Bermúdez Caraballoso, Rodríguez Urquiza, Reyes Vega, & Jiménez Padrón, 2019).

2.2.2.3 ***Biochar***

El deterioro de las propiedades físicas y químicas del suelo repercuten negativamente sobre el desarrollo del sistema radicular del banano. La fertilización desmedida reduce el pH del suelo y provoca la compactación del suelo aumentando su resistencia a la penetración.

El biocarbón es el resultado de someter la masa vegetal a pirólisis y se han registrado experiencias positivas de su uso en la recuperación de la fertilidad de suelos degradados (Escalante Rebolledo, y otros, 2016).

Entre las modificaciones que el biocarbón puede ejecutar en el suelo destaca la mejora de la densidad aparente, generando un entorno más propicio para la penetración de raíces. Otra mejoría evidenciada es el aumento de la capacidad del suelo para retener y brindar nutrientes (CIC), evitando pérdidas por lixiviación permitiendo hacer un uso eficiente de fertilizantes. (García Montero, y otros, 2021). Los atributos mencionados anteriormente contribuyen a la mejora de los parámetros productivos y fitosanitarios de las plantaciones bananeras (Tenesaca Martínez, Quevedo Guerrero, & García Batista, 2019).

2.2.2.4 ***Sustancias húmicas***

Son sustancias provenientes de la descomposición microbiana y química de los desechos de animales y plantas. Poseen un color oscuro característico, de bajo PH y elevado peso molecular. Cuenta con propiedades refractarias. En el suelo, tienden a formar complejos macromoleculares asociados a cationes como el calcio, aluminio y hierro. Pueden estar asociados débilmente a minerales como las arcillas o algunas sustancias no húmicas mediante enlaces de puente de hidrógeno (Oliver Albert)

Se tiene constancia que las sustancias húmicas están involucradas en la regulación de las funciones celulares, los cambios metabólicos y la expresión de genes, así como de la

acción hormonal. Esta capacidad se atribuye a los grupos carboxílicos e hidroxifenólicos que influyen en procesos del metabolismo tales como la fotosíntesis, síntesis proteíca y absorción de nutrientes (Russo, Lugo, Arreola, & Arango, 1995). Las sustancias húmicas representan el 80% de la materia orgánica del suelo, aunque también puede estar presente en ecosistemas acuáticos. Su función bioestimulante consiste en incrementar la materia seca hasta en un 22%. La estimulación en el crecimiento y desarrollo de plantas está relacionado a la potencialización de la actividad de enzimas que interviene en el metabolismo del carbono y el nitrógeno (Veobides Amador , Guridi Izquierdo, & Vázquez Padrón , 2018).

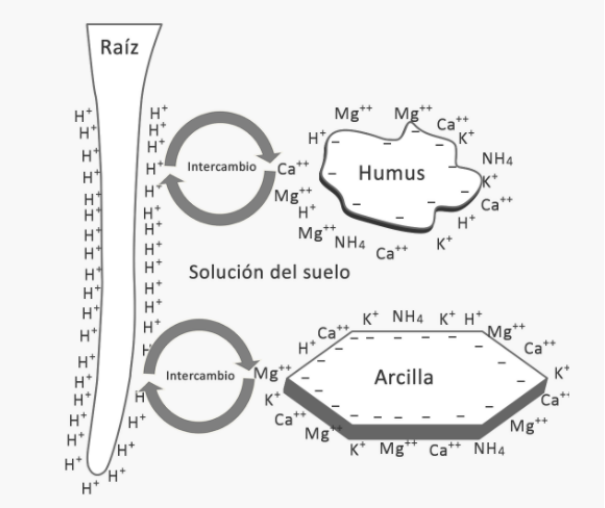

Figura 6 Influencia de las sustancias húmicas sobre la CIC del suelo

Fuente: Payeras (2011)

2.2.2.5 ***Humato potásico***

El humato potásico es un producto obtenido a partir de someterla leonardita mineral a hidrólisis alcalina obteniendo como resultado acidos humicos y fulvicos. se presenta de forma 100% soluble en agua. Posee grandes contenidos de materia orgánica que aportan y mejoran los suelos a un nivel físico biológico y químico. Además aporta potasio, elemento indispensable para el buen crecimiento y desarrollo de la planta (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes, s.f.).

La leonardita resulta de la meteorización de los depósitos de lignito sedimentados en las capas cercanas a la superficie del suelo. Tiene una alta concentración de ácidos húmicos debido a su mayor grado de oxidación (HUMIN TECH, s.f.).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Ubicación del ensayo

El ensayo del proyecto de investigación se llevó a cabo en la finca Nueva Era, ubicada en el kilómetro 2,55 de la vía La Iberia - Machala, sitio perteneciente a la parroquia La Iberia del cantón Machala. Las coordenadas geográficas de la finca son: 3°14'30.27"S y 79°53'41.52"O. El sitio del ensayo se encuentra a una altura de 13,95 msnm. La finca Nueva Era cuenta con 8 ha de cultivo ya establecido de banano con el clon Williams.

Figura 7 Ubicación del lugar del ensayo. Finca Nueva Era

Fuente: El autor

3.1.2 Características del sitio de investigación

La temperatura anual promedio del sitio de estudio es de 23 °C, siendo marzo el mes más cálido y agosto el mes más frío con unas temperaturas de 24,4 °C y 21,7° C, respectivamente. Las características del clima de la zona permiten catalogarlo como un clima semiárido caliente según la clasificación de Koppen Geiger. La precipitación media anual es de 1700 mm, concentrándose la mayor cantidad de esta en el mes de marzo. El promedio anual de la humedad relativa es de 86,12 %. El promedio de horas mensuales de sol registradas es de 54,96 hrs (CLIMATE DATA, s.f.).

3.1.3 Materiales de campo

- Productos provistos por la empresa Fitecua S.A.
- GPS
- Flexómetros
- Cintas para medir longitud de dedos en banano
- Calibrador de banano
- Palas
- Etiquetas
- Fundas
- Balanza
- Machetes
- Pintura en aerosol

- Bombas CP3
- Cuadernos
- Esferos

3.1.4 Tratamientos

Para la realización del ensayo se utilizaron 11 productos bioestimulantes de origen orgánico y sintético dispuestos en 12 combinaciones. Los tratamientos se contrastaron con un tratamiento testigo que se mantuvo sin estimular, sumando así, 13 tratamientos.

Tabla 3 Codificación de los productos empleados

PRODUCTO	CÓDIGO
1	TRSF001
2	AMC002
3	BCH003
4	PWH004
5	AT8005
6	EQM006
7	RZL007
8	BZE008
9	CX009
10	RTM010
11	AMZ011

Fuente: El autor

3.1.5 Variables a evaluar

- Porcentaje de raíces sanas a la parición (PRS)
- Peso total de raíces (PTR)
- Peso de racimo (PRC)
- Peso de raquis (Praq)
- Peso de manos (Pman)
- Número de manos (NM)
- Grado de mano del sol (GmS)
- Grado de la última mano (GUM)
- Número de dedos de la mano del sol (NDMS)
- Longitud de dedos de ultima mano (LDUM)

- Número de hojas a la parición (NHP)
- Días a la parición (DPR)

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Selección del material vegetal

El ensayo se realizó en una plantilla de banano establecida con el clon Williams. Dentro de la plantación se identificó plantas sanas, de gran vigor y de inflorescencia recién emergida cuya sucesión tenga una altura superior a los 150 cm.

3.2.2 Preparación de los tratamientos

En las instalaciones de la empresa Fitecua SA, proveedora de los productos, se realizó la medición de los productos con la ayuda de vasos volumétricos y balanzas como se muestra en la tabla.

Tabla 4 Combinaciones y dosis de los tratamientos aplicados

TRATAMIENTOS	COMBINACIONES Y DOSIS
1	TRSF001 (0,6L) + AMC002(0,3L)
2	TRSF001(0,6L) + AMC002(0,3L) + BCH003(1,5 Kg)
3	TRSF001(0,6L)+ AMC002(0,3L)+PWH004(0,3Kg)
4	TRSF001(0,6L) + AMC002(0,3L) + AT8005(0,3Kg)
5	EQM006(0,9L)
6	EQM006 (0,9L) + BCH003(1,5Kg)
7	PWH004 (0,9L) + EQM006(0,3Kg)
8	AT8005 (0,3Kg) + EQM006(0,9L)
9	RZL007 (0,6Kg)+ BZE008(0,15L)+ CX009(0,3Kg)
10	AT8005(0,3Kg) + RTM010(0,6L)
11	AMC002(0,3L) +EQM006(0,6L) + AMZ011(0,3L)
12	AMC002(0,3L) +EQM006(0,6L) + AMZ011(0,3L) + BCH003(1,5Kg)
13	Testigo

Fuente: Autor

Se destinó 0,3 ha para cada tratamiento. La selección de plantas dentro del área de cada tratamiento se efectuó al azar y en zigzag. La aplicación de los productos se realizó en cuatro ocasiones; cada una después de dos meses de la anterior. El producto se lo aplicó con bombas CP3 frente al hijo. Para 0,3 ha se emplearon 80 L de la solución preparada. La aplicación se la realizó frente al hijo en media luna.

Figura 8 Preparación de las dosis de los tratamientos

3.2.3 Medición de las variables.

3.2.3.1 Porcentaje de raíces sanas

Para la evaluación de raíces se hizo una excavación entre la planta madre y su hijo de dimensiones 20 x 20 x 30 cm. Posterior a aquello se separaron las raíces del suelo y se las depositó en fundas plásticas debidamente etiquetadas. Sin dejar transcurrir mucho tiempo, para evitar la deshidratación, las raíces se lavaron, secaron, pesaron y clasificaron en buenas, malas y viejas.

Figura 9 Extracción de las muestras de raíces para su posterior evaluación

3.2.3.2 ***Altura de la planta***

El crecimiento y posterior producción de la planta de banano está en función de la progresiva emisión de foliar, encargada de suministrar los fotoasimilados requeridos para el óptimo funcionamiento fisiológico. Bajo condiciones apropiadas, comúnmente una planta emite una hoja por semana y 0,4 a 0,6 cuando padece estrés hídrico (Martínez Acosta & Cayón Salinas, 2011). La variable en cuestión se la evaluó una vez por semana desde la superficie del suelo hasta el vértice formado por la primera y segunda hoja.

3.2.3.3 ***Fuste de la planta***

En la evaluación de esta variable se midió la circunferencia del fuste a una altura de 50 cm tomando como referencia la superficie del suelo. La variable fue evaluada cada siete días.

3.2.3.4 ***Emisión foliar***

La emisión foliar se evaluó una vez cada siete días. La importancia de cuantificar esta variable radica en el papel que desempaña el área foliar en el desarrollo y llenado del fruto. A esto hay que añadir el problema que representa *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que destruye las hojas y reduce el área fotosintética drásticamente (Azofeifa Alvarado, 2010).

3.2.3.5 ***Peso del racimo, manos y raquis***

El peso del racimo se evaluó en dos ocasiones; la producción de la planta madre seleccionada al iniciar el estudio y la de su sucesora. El momento de la cosecha estaba determinado por el grado de la última mano y el color de la cinta. Una vez obtenido el peso del racimo se pesó el raquis para conocer el valor de las manos.

Figura 10 Evaluación de la variable peso del racimo

3.2.3.6 ***Número de manos***

El número de manos es uno de los principales indicativos de la calidad del manejo agronómico. Su evaluación se la realizado en el momento de pesar en la balanza.

3.2.3.7 ***Grado de la mano del sol y última mano***

El grosor de la fruta indica el estado de su madurez fisiológica. Es el factor que determina el momento apropiado para la cosecha, además de ser un limitante en la comercialización. Se midió el grosor de los dedos de la segunda y última mano con la ayuda de un calibrador de reloj (Vargas Calvo, 2012).

Figura 11 Evaluación de la variable grado de la mano del sol

3.2.3.8 ***Número de dedos de la mano del sol***

El número de dedos de la mano del sol se determinó al momento de desmontar el racimo.

3.2.3.9 ***Número de hojas a la parición***

El número de hojas funcionales al momento de haber emergido la inflorescencia es importas puesto que serán las encargadas de llenar el fruto. Un escaso follaje reduce la eficiencia del llenado del fruto y acortando su ciclo de maduración (Martínez Acosta & Cayón Salinas, 2011). Esta variable se evaluó al momento de la cosecha.

3.2.3.10 ***Número de días a la parición***

La velocidad del retorno del cultivo de banano se valora principalmente en la prontitud con la que la sucesión alcanza el vigor para producir un fruto de alta calidad. Mientras mejor sea el manejo del cultivo durante su crecimiento más rápido llegará en optimas condiciones a la cosecha (Ramírez, Tapia, & Brenes, 2010). Esta variable se evaluó mediante un seguimiento semanal de las variables biométricas del cultivo.

3.2.4 Diseño experimental

Con la intención de reducir el error experimental provocado por los factores que el investigador no puede controlar se decidió implementar un modelo de bloques completamente al azar (León Salazar, 2002). La distribución de los tratamientos en el área destinada al ensayo se determinó por sorteo. Cada uno de los 13 tratamientos cuenta con 5 unidades muestrales. Para determinar la existencia de diferencia significativas entre los tratamientos aplicados para las variables evaluadas se empleó las técnicas estadísticas ANOVA.

El análisis de varianza permite analizar simultáneamente el efecto de dos o mas tratamientos sobre variables establecidas. El ANOVA unifactorial se emplea cuando existe una sola variable independiente y dos o mas niveles (Dagnino, 2014). Para la estimación de la varianza de las variables Porcentaje de raíces sanas y peso total de raíces se empleo un ANOVA factorial.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANOVA de un factor

Para determinar si la aplicación de los productos empleados en el ensayo ejerce una influencia significativa sobre las variables de estudio se realizó un análisis de varianza (ANOVA) asignando una confiabilidad de 95% y una significancia de 0,05.

En base a los descrito anteriormente y los datos aportados en la tabla 5, se infiere que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos a excepción de la variable largo de dedo de la última mano cuyo valor es inferior a 0,05 y la variable peso total de raíces cuya significancia fue inferior a la establecida previamente.

Tabla 5 ANOVA de un factor para las variables evaluadas

VARIABLES	SIGNIFICANCIA
Peso de Racimo	0,935
Peso de Manos	0,917
Peso de Raquis	0,603
Número de Manos	0,143
Grados de Mano del Sol	0,108
Número de Dedos de Mano del Sol	0,323
Grados de Última Mano	0,042
Largo de dedos de Última Mano	0,00
Número de Hojas a la Parición	0,862
Días a la Parición	0,329
Porcentaje de raíces sanas	0,394
Peso total de raíces	0,000

4.2 Porcentaje de raíces sanas

Para valorar la eficacia de los tratamientos administrados sobre la sanidad de las raíces en las plantas evaluadas, se compararon sus medias en las cinco ocasiones de evaluación. Como se observa en la figura 8, al finalizar el estudio en campo el tratamiento 12 fue el que obtuvo un mayor porcentaje de raíces sanas con una valor de 78, 266% mientras que en el tratamiento 3 se observó un menor porcentaje de raíces sanas con un valor de 52,082% al termino de la quinta evaluación.

Cabe destacar que en los tratamientos 12, 3, 8, 10 y 2 al cabo de la quinta evaluación se evidenció una mejora considerable en el porcentaje de raíces sanas respecto a la primera evaluación.

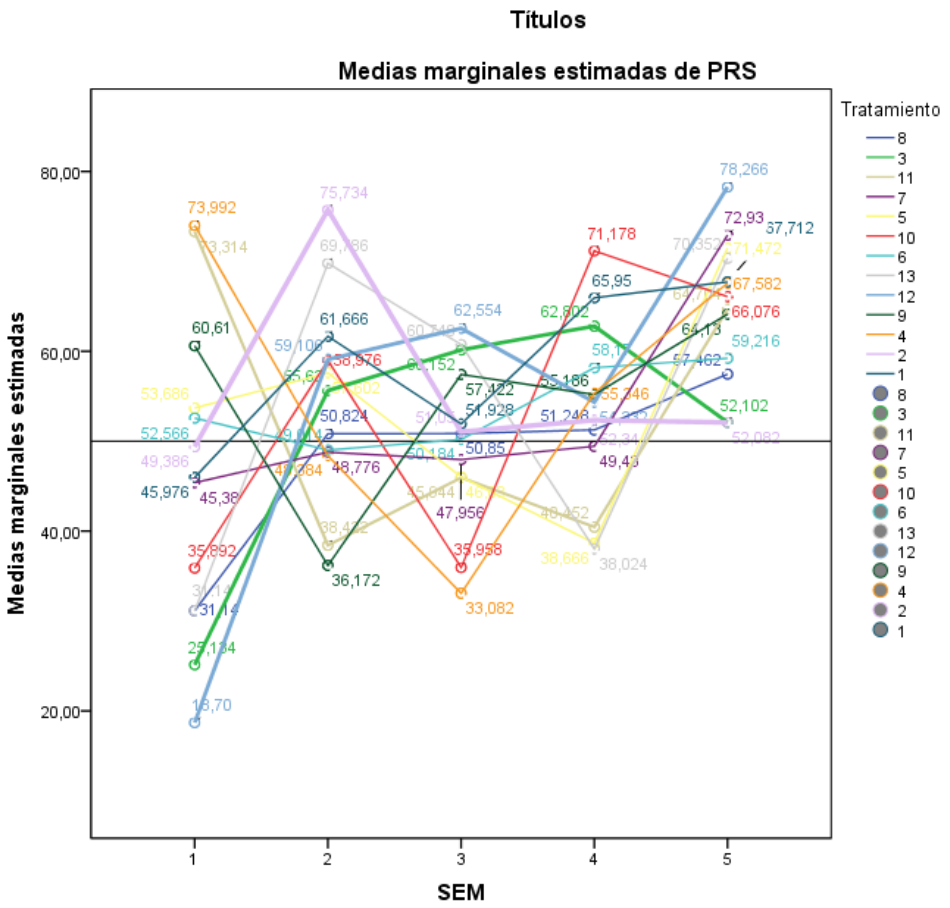

Figura 12 Comparación de medias marginales del porcentaje de raíces sanas

4.3 Peso de Total de raíces

Con una confiabilidad de 95% y un error admisible de 5%, mediante el análisis ANOVA se determinó que sí hubo diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de los tratamientos sobre la variable peso total de raíces. El tratamiento 11 obtuvo un mayor peso mientras que el menor peso lo obtuvo en tratamiento testigo (T13)

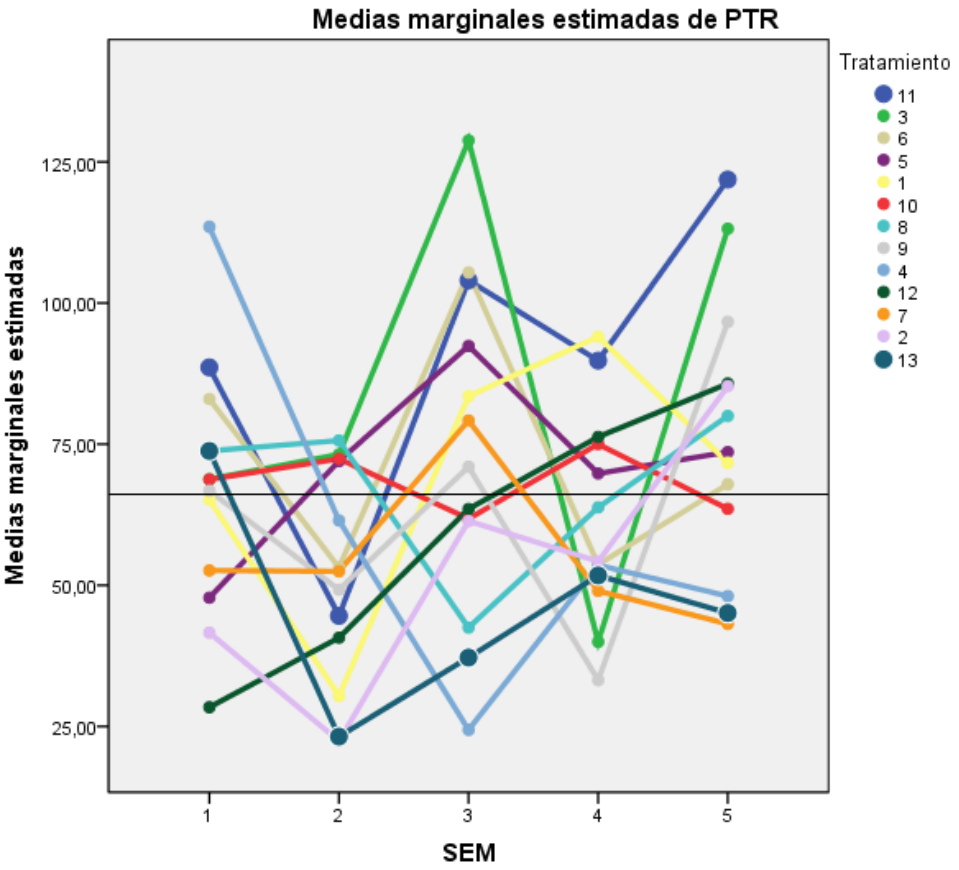

Figura 13 Comparación de medias de la variable peso total de raíces

Una vez constatado con el análisis de varianza que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de los tratamientos sobre la variable peso total de raíces, se realizó una prueba Post hoc para identificar el tratamiento al cual se debe dicha diferencia. La prueba de Tukey permitió identificar que el tratamiento 11 insidió significativamente sobre la variable en cuestión

Tabla 6 Prueba post-hoc de Tukey para la variable peso total de raíces

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
13	25	46,2040		
2	25	52,9720	52,9720	
7	25	55,2920	55,2920	
12	25	58,9280	58,9280	58,9280
4	25	60,2080	60,2080	60,2080
9	25	63,3664	63,3664	63,3664
8	25	67,1480	67,1480	67,1480
10	25	68,2980	68,2980	68,2980
1	25	68,9680	68,9680	68,9680
5	25	71,1200	71,1200	71,1200
6	25	72,6212	72,6212	72,6212
3	25		84,7920	84,7920
11	25			89,7720
Sig.		,259	,066	,087

4.4 Peso del Racimo

En la evaluación de la variable peso de racimo (Figura 9) se evidenció que el tratamiento 3 registró un mayor peso de racimo con un valor de 71,83 lb seguido del tratamiento 9 mientras que el menor peso de racimos se obtuvo en el tratamiento testigo (T13). Los valores obtenidos en la presente investigación coinciden con (Delgado, Gonzales, Moreno, & Dimas (2003) quienes manifiestan que el peso de los racimos oscila entre 45 y 70 lb generalmente.

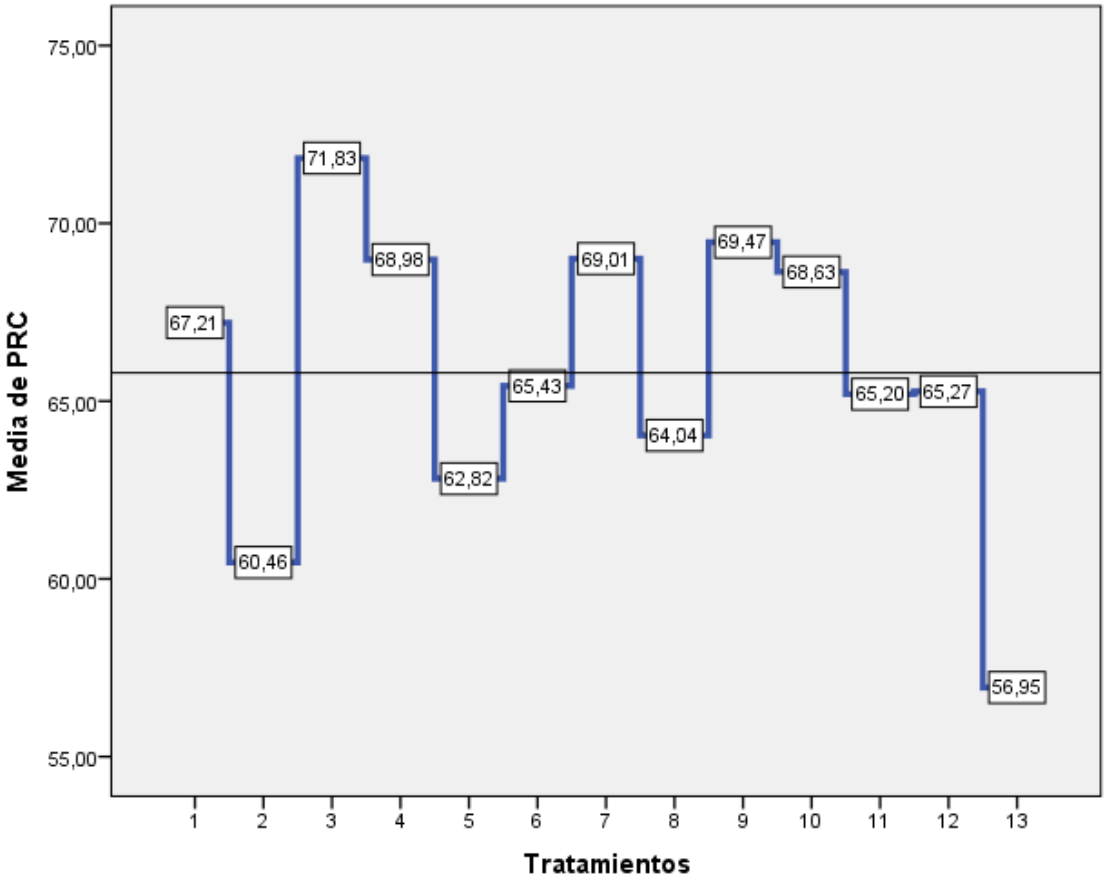

Figura 14 Comparación de medias de la variable peso del racimo

4.5 Peso de manos

En la figura 11 se observa que al comparar las medias del peso de las manos destaca el tratamiento 3 con un valor de 63,83 lb seguido del tratamiento 4 con un valor de 62,63 lb mientras que en mínimo valor se registró en el tratamiento testigo (T13) con 49,88 lb.

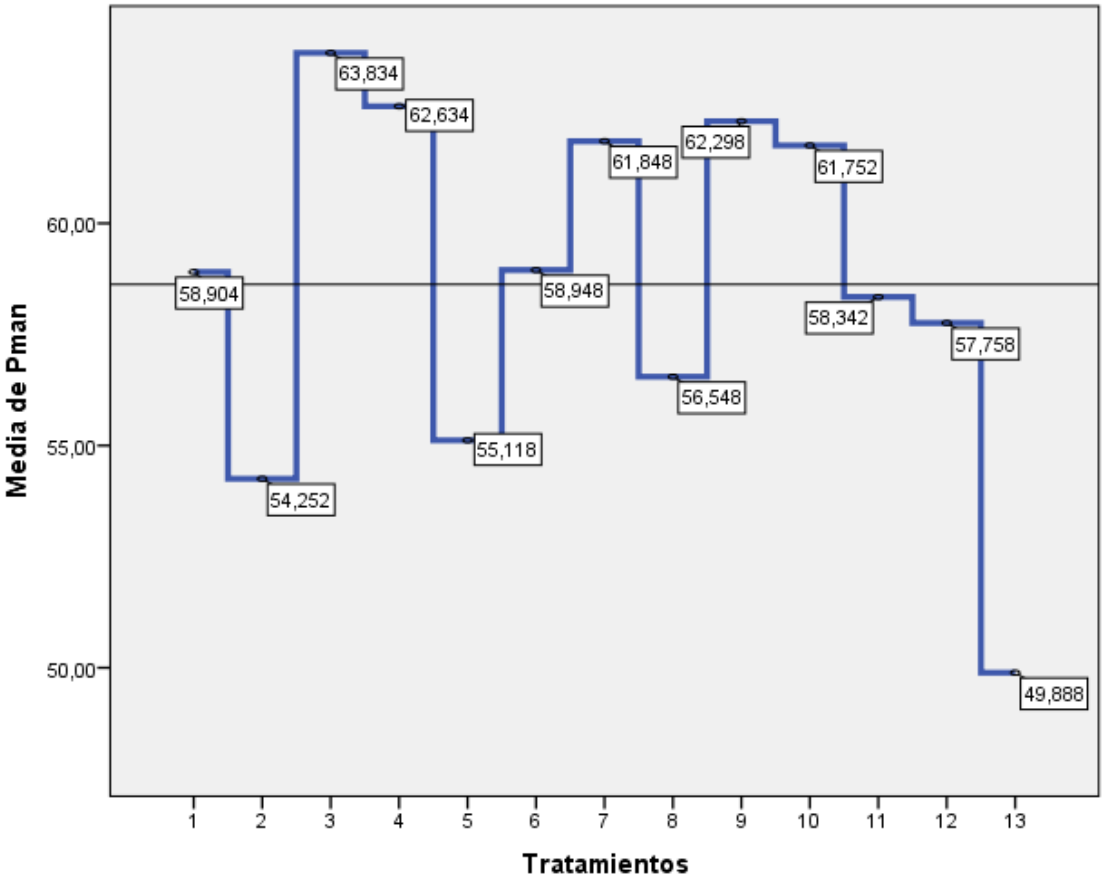

Figura 15 Comparación de medias de la variable peso de manos

4.6 Peso de Raquis

Con un nivel de confiabilidad del 95% y un valor para alfa de 0,05 se estimó que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, en la variable Peso de Raquis destacó el tratamiento 1 con un valor que asciende a 8, 3 lb seguido del tratamiento 3 con un valor de 8 lb. Por otro lado el valor mínimo se registró en el tratamiento 2 con un valor de 6,2 lb.

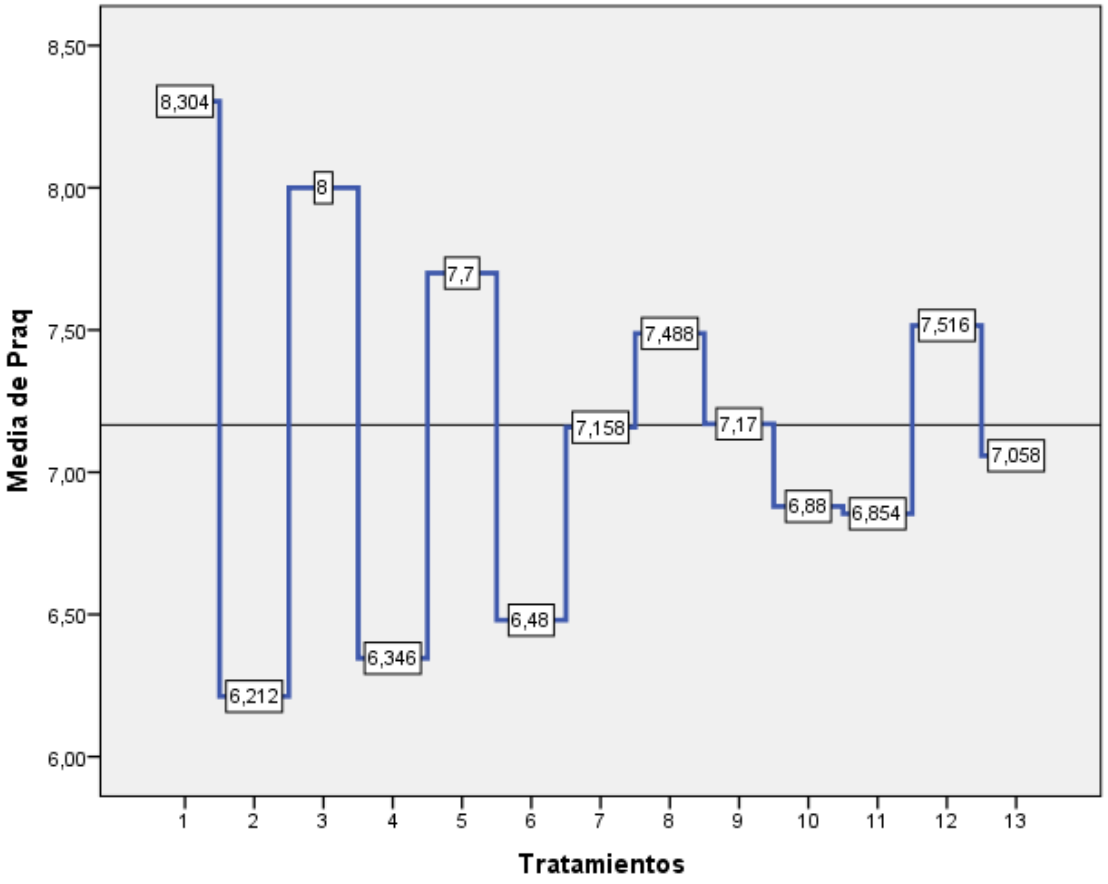

Figura 16 Comparación de medias de la variable peso de raquis

4.7 Número de manos

Mediante el análisis ANOVA con una confiabilidad de 95% y un error admisible de 5% se estimó que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados para la variable número de manos. Hay que poner de relieve que, la media del tratamiento testigo (T13) reportó un mayor valor (7,4) respecto a los demás. El tratamiento que menos manos obtuvo fue en el T8.

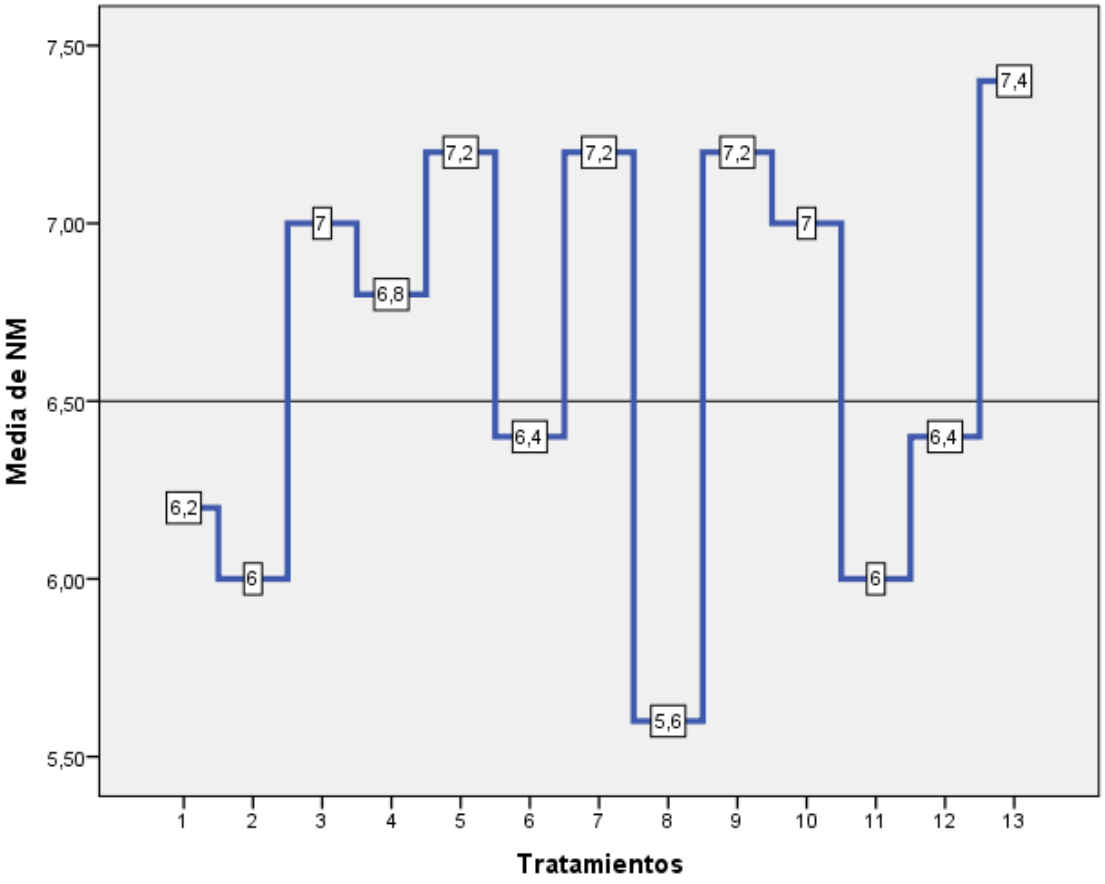

Figura 17 Comparación de medias de la variable número de manos

4.8 Grado de la mano del Sol

Con un nivel de confiabilidad del 95% y un valor para alfa de 0,05 se estimó que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados. No Obstante, las manos del sol de los racimos correspondiente al tratamiento 6 obtuvieron un mayor grado (46,2) mientras que en las manos del sol de los racimos correspondientes al tratamiento se registró un menor grado con un valor de 43.

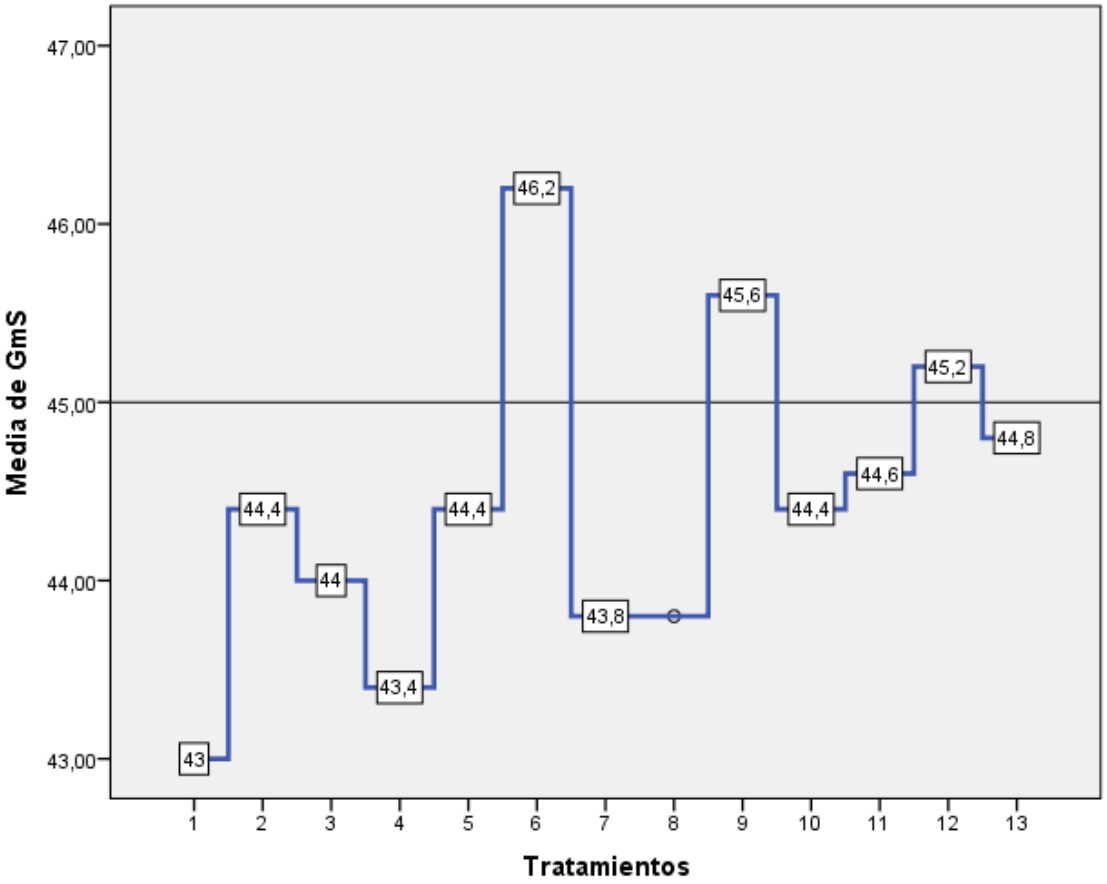

Figura 18 Comparación de medias de grado de la mano del sol

4.9 Número de dedos de la mano del sol

En base al análisis ANOVA para un mínimo de erro aceptable de 5% se infiere que no hay diferencias estadísticamente significativas en el efecto que tuvieron los tratamientos sobre la variable de producción número de dedos de la mano del sol. Sin embargo, al comparar las medias se observa que el tratamiento 1 obtuvo una ventaja sobre los demás tratamientos con un valor de 25,2 mientras que el menor valor se registró en el tratamiento 12 con 17,8 número de dedos en la mano del sol.

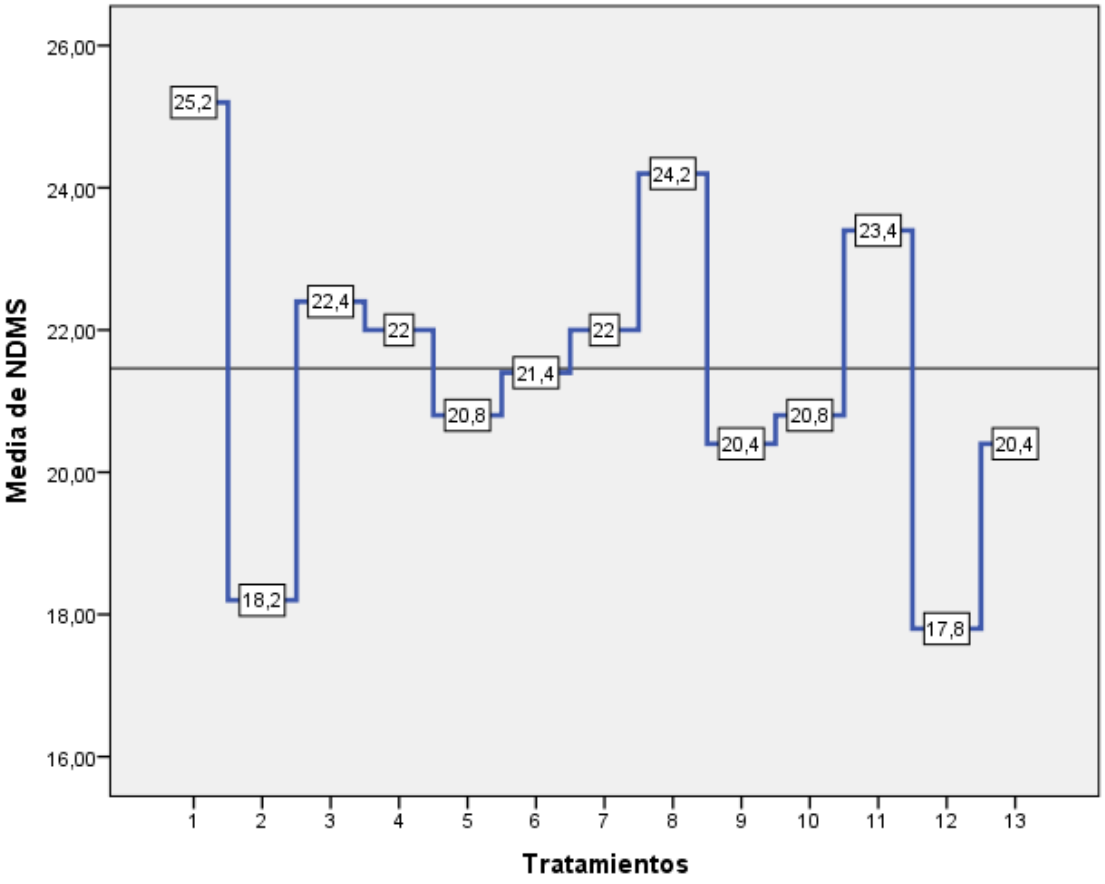

Figura 19 Comparación de medias del número de dedos de la mano del sol

4.10 Grado de la última mano

La comparación de medias mediante la prueba ANOVA de un factor con una confiabilidad del 95% y un error admisible de 5% permitió obtener un p-valor de 0,042 determinando así que hubo diferencias estadísticas significativas entre los efectos de los tratamientos aplicados sobre la variable grados de última mano. El tratamiento 6 con un valor de 43,4 fue quien más destacó mientras que el tratamiento 9 con un valor de 39,8 fue inferior a todos los demás tratamientos.

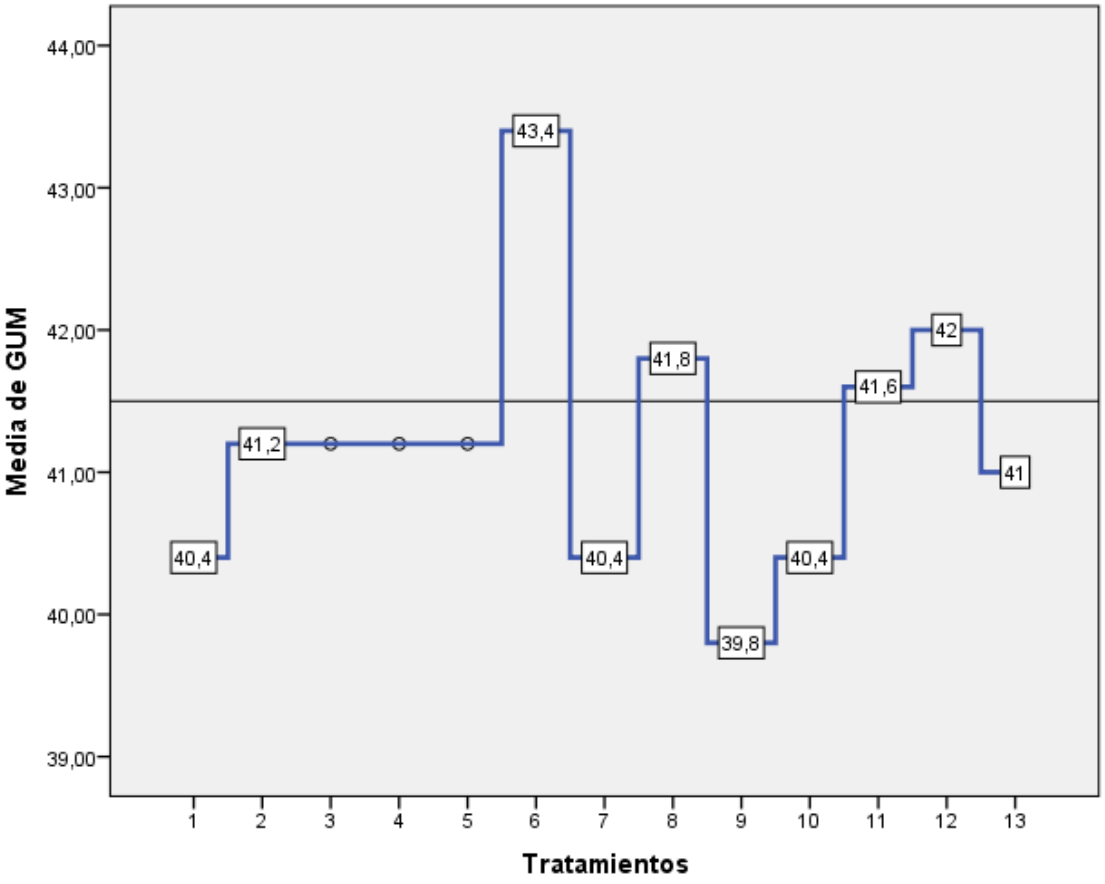

Figura 20 Comparación de medias de la variable grado de la última mano

4.11 Longitud de dedos de la ultima mano

Con un nivel de confiabilidad del 95% y un error mínimo de 5% se realizó un análisis ANOVA de un factor, determinando así, que hubo diferencia estadísticamente significativa en los efectos que los tratamientos ejercieron sobre la longitud de los dedos de la última mano. En el tratamiento 11 se observó una mayor longitud (9,61) de los dedos de la última mano respecto a los demás tratamientos mientras que el menor valor se registró en el tratamiento 4 (8,13)

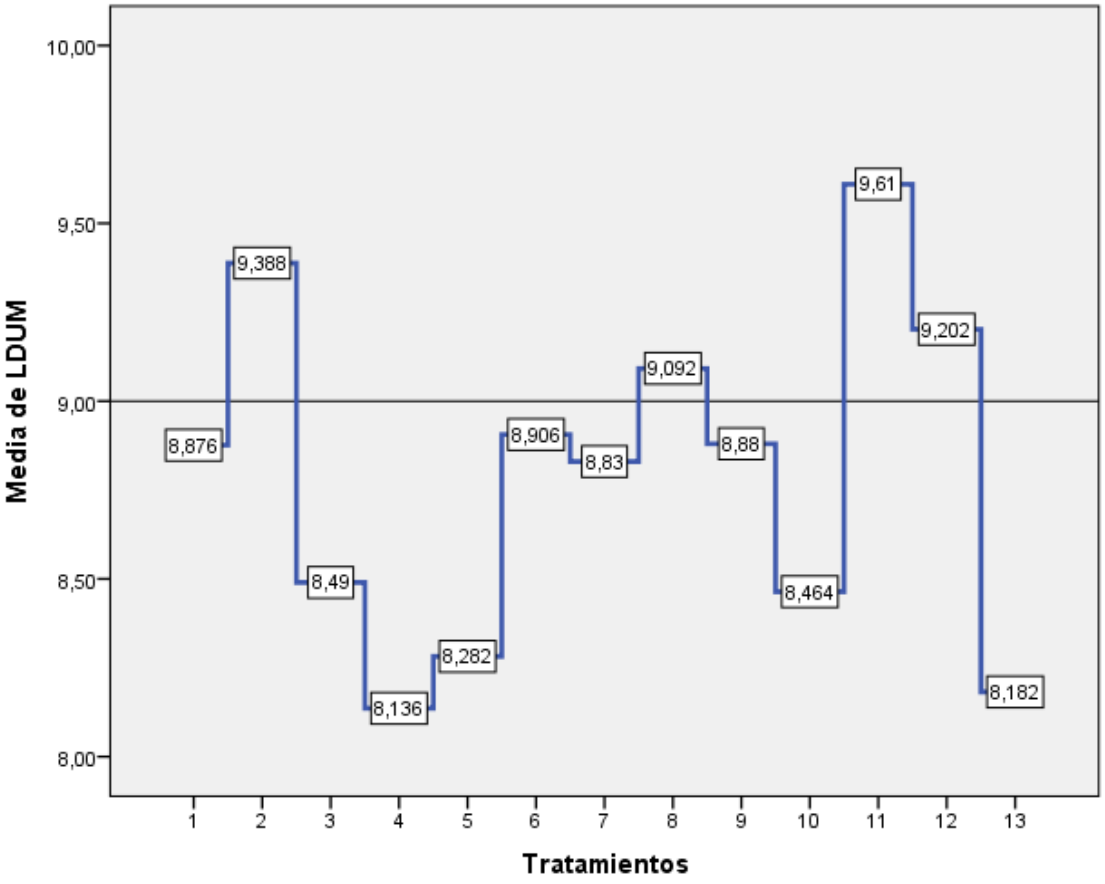

Figura 21 Comparación de medias de la variable Longitud de dedos de la última mano

4.12 Número de hojas a la parición

Los resultados arrojados por el análisis ANOVA, al que fueron sometidos los datos de la variable Número de hojas a la parición con una confiabilidad de 95% y un error admisible de 5%, determinó que no existe diferencia significativa entre los efectos que los tratamientos ejercieron sobre el número de hojas a la parición. Sin embargo, el tratamiento 14 registró un mayor número de hojas (14 hojas) mientras que el tratamiento que menos hojas emitió fue el tratamiento 2 con 10,8 hojas.

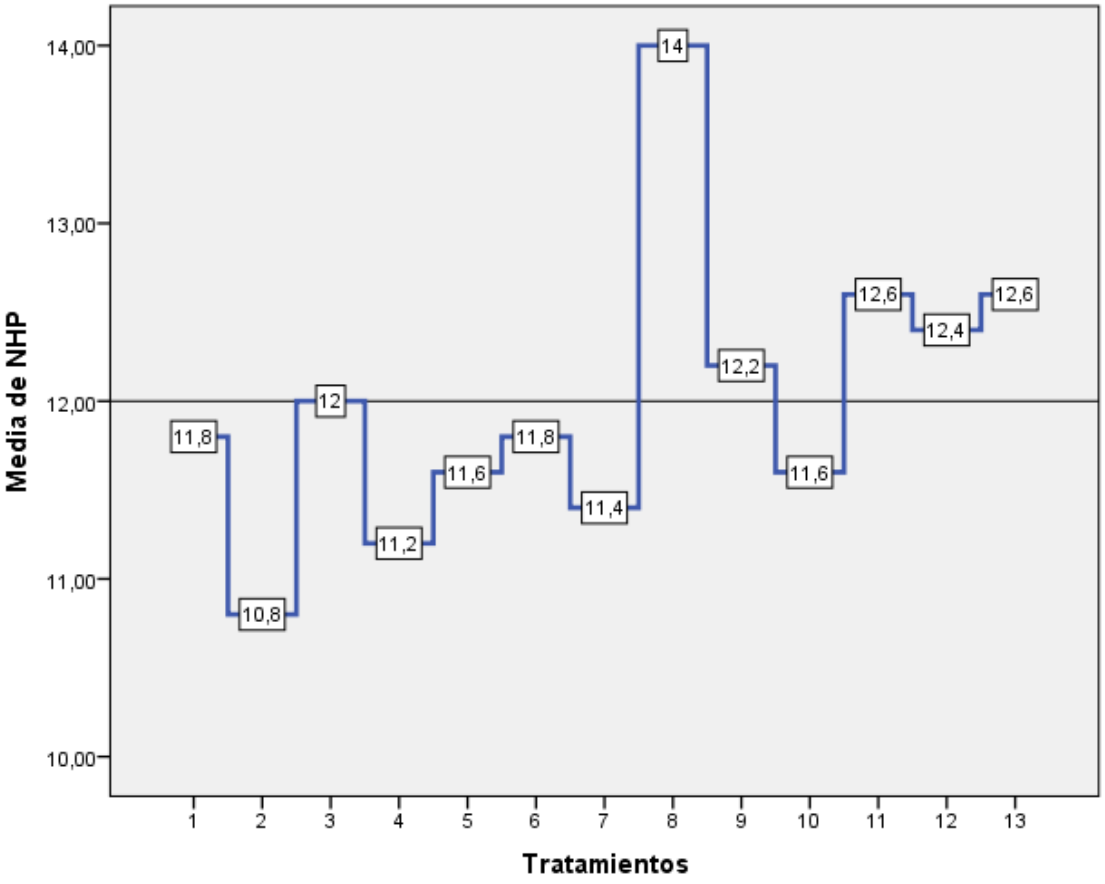

Figura 22 Comparación de medias de la variable número de hojas a la parición

4.13 Días a la Parición

Con una confiablidad del 95% y un error mínimo de 5% de infirió mediante un análisis de varianza que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. A pesar de ello, el tratamiento testigo (T13) fue quien más días acumuló entre la emergencia de la bellota de la planta madre y la emergencia de la inflorescencia de la sucesión con 96,4 días mientras que el tratamiento 10 acumuló un menor número de días (87,6).

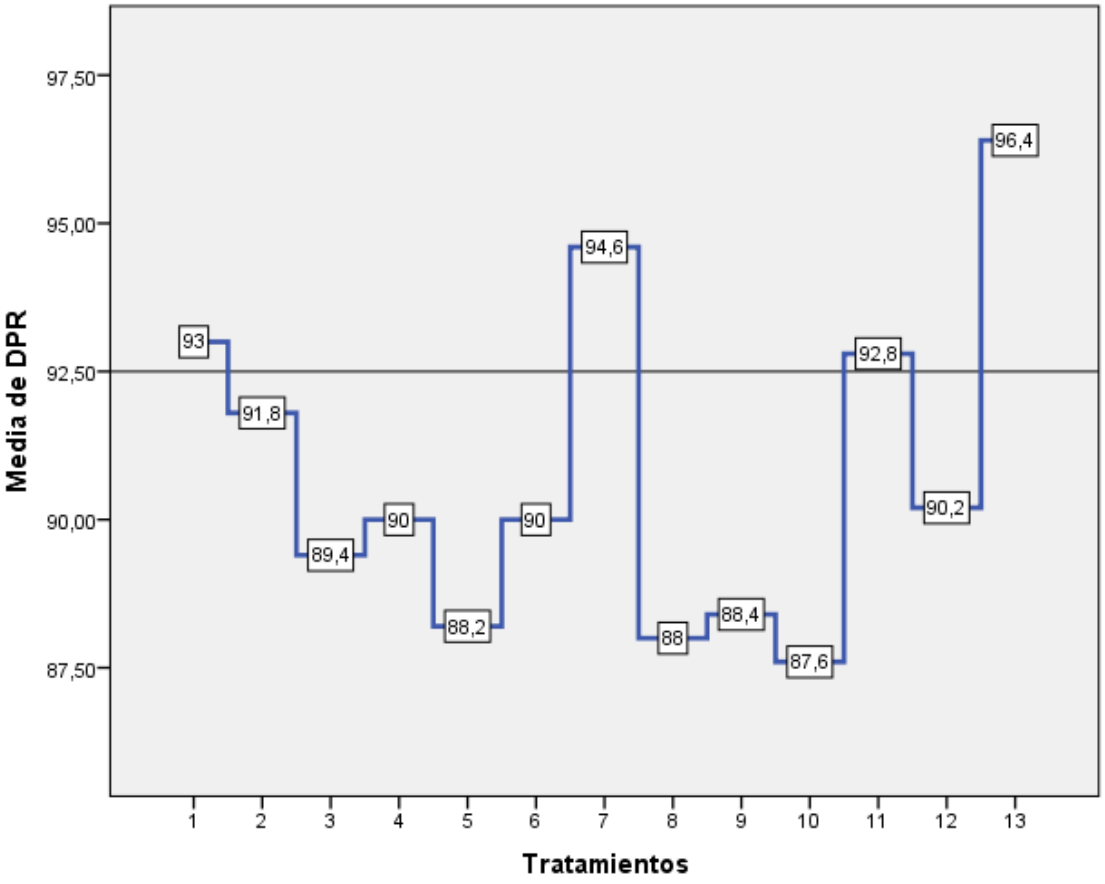

Figura 23 Comparación de medias de la variable días a la parición

5 CONCLUSIONES

Tras el análisis de varianza realizado se concluye que no hubo diferencia significativas entre los efectos que los tratamientos ejercieron sobre las variables evaluadas. Sin embargo, para la variable porcentaje de raíces sanas, tras la quinta evaluación realizada, todos los tratamiento se ubicaron por encima de la media acumulada de las cinco evaluaciones. Al finalizar la investigación el tratamiento 12 fue el que reportó un mayor porcentaje de raíces sanas mientras que el tratamiento 2 fue el obtuvo un menor porcentaje de raíces sanas.

Para la variable peso total de raíces en el tratamiento 11 se evidenció un mayor peso total de raíces mostrando así, una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos, seguido del tratamiento 3. El tratamiento testigo (T13) reportó un menor peso total de raíces.

Para las variables de producción: peso del racimo, peso de manos, el tratamiento 3 presentó mejores valores biométricos respecto a los demás. Para la variable número de hojas a la parición, el tratamiento 3 se ubicó en la media de los tratamiento. En lo relativo a la variable Número de días a la parición, el tratamiento 3 registró un menor número de días.

6 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un análisis físico y químico del suelo de las plantaciones donde se vaya a implementar un proyecto de investigación con finalidades similares al presente. Esto

para evitar que factores relativos a las características físicas y químicas del suelo influyan sobre el crecimiento radicular de un determinado tratamiento, tergiversando así los datos obtenidos.

Otro aspecto a tener en cuenta es asegurarse de que todos los bloques en los que se encuentran las unidades experimentales reciban el mismo manejo agronómico para que este no influya en los parámetros a evaluar.

7 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Aboboreira Neto, M. (1994). *Princioales Labores del Cultivo de Banano.*

Acevedo Sánchez, P. d. (2016). *Implementación de un sistema piloto de producción de banano variedad gros Michel (Musa acuminata AAA.) como alternativa técnica en la vereda Monte Verde, en Andes, Antioquia* . Obtenido de Universidad de La Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1040&context=ingenieria_agronomica

Agüero Alvarado, R., Rodríguez-Ruiz, A. M., González Lutz, M. I., Portuguez García, P., & Brenes Prendas, S. (2018). Abundancia y cobertura de arvenses bajo manejo convencional y orgánico de café y banano. *Agronomía Mesoamérica*, 85-93. Obtenido de https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/28053/31463

Alcantara Cortés, J. S., Acero Godoy , J., Alcántara Cortés , J. D., & Sanchez Mora , R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 21. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf

Arjona, H., Herrera, J., Gómez, J., & Ospina, J. (2004). Evaluación de la aplicación de urea, melaza y aminoácidos sobre el crecimiento y rendimiento de la cebolla de bulbo (Allium cepa L. Grupo cepa) híbrido yellow granex, en condiciones de la Sabana de Bogotá. *Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Centro Editorial.* Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/31309

Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. (s.f.). *Humato Potásico Como Bioestimulante*. Obtenido de Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes: https://aefa-agronutrientes.org/humato-potasico-como-bioestimulante

Atúnez, A., & Felmer, S. (2009). *Nodo Tecnológico de Riego en el Secano Región de O'Higgins.* Obtenido de Biblioteca Digital INIA: https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7272/NR36468.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AUGURA. (2009). *Indentificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano Magdalena y Urabá Colombia.* Obtenido de AUGURA: https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/plagas-y-enfermedades-en-banano.pdf

Azofeifa Alvarado, D. (2010). Efecto de la Fertilización Foliar con Ca, Mg, Zn y B en la Severidad de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella Fijiensis Morelet), en el Crecimiento y la Producción del Banano (Musa AAA, cv. Grand Naine). *CORBANA*, 49-65. Obtenido de Repositorio del Instituto Tecnológico de Costa Rica: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5876/Tesis%20Licenciatura.%20Efecto%20de%20la%20fertilizac%C3%ADon%20foliar....pdf?sequence=1&isAllowed=y

Benavides Silva, J. M. (2018). *Evaluación de tres variedades de banano (Musa Acuminata) con tres densidades sobre su rendiiento, Valle del Medio Piura.* Obtenido de Repositorio de la Universidad Nacional de Piura: https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1261/AGR-JOS-MAN-18.pdf?se

quence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20variedad%20Williams%20por%20sus,resistencia%20al%20volcamiento%20por%20vientos

Benítez Ibarra, P. A. (2017). *ALTERACIONES QUE NO PERMITEN CUMPLIR CON LOS ESTANDARES DE CALIDAD DEL BANANO PARA EXPORTACION EN LA HACIENDA MARIA ANTONIETA*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25053/1/tesis%20023%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Benitez%20Pablo%20-%20cd%20023.pdf

Bermúdez Caraballoso, I., Rodríguez Urquiza, M., Reyes Vega, M., & Jiménez Padrón, A. (2019). Efecto del uso combinado de dos citoquininas en la multiplicación y regeneración de yemas adventicias de banano cv. 'Gros Michel' (Musa AAA). *Biotecnología Vegetal*, 139 - 146. Obtenido de http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v19n2/2074-8647-bvg-19-02-139.pdf

Blomme, G. S. (2003). Evaluación de la variación genotípica en la arquitectura de las raíces de Musa spp. bajo condiciones de campo. *Revista Internacional sobre Bananos y Plátanos*, 24-29. Obtenido de https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/971.pdf#page=26

Blomme, G., Swenner, R., Ortiz, R., & Tenkouano, A. (2006). Sistema radical y crecimiento de brotes de banano (Musa spp.) en dos zonas agroecológicas de Nigeria. *InfoMusa*.

CATIE. (2017). *Ficha Técnica del Cultivo de Banano.* Obtenido de CATIE: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf

CLIMATE DATA. (s.f.). *Clima Machala*. Obtenido de CLIMATE DATA: https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-el-oro/machala-5533/

Combat, E., Martínez, G., & Barrera, J. (2004). Efecto de la interacción de N y K sobre las variables de rendimiento del cultivo de plátano (Musa AAB Simmonds) en San Juan de Urabá - Antioquia. *Temas Agrarios*, 5-12. Obtenido de https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/618/734

Dagnino, J. (2014). ANÁLISIS DE VARIANZA. *Revista Chilena de Anestesia*, 306-310. Obtenido de https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf

Delgado Párraga, A. G., Navia, D., Triviño, C., Peñaherrera, & Zambrano Mero, J. D. (2021). Simulación del daño mecánico ocasionado por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas. *LA TÉCNICA: REVISTA DE LAS AGROCIENCIAS*, 23-32. Obtenido de https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/1715/3565

Delgado, E., Gonzales, O., Moreno, N., & Dimas, R. (2003). EFECTO DEL DESMANE SOBRE EL PESO DEL RACIMO Y LAS DIMENSIONES DEL FRUTO DEL HÍBRIDO DE PLÁTANO FHIA 21 (Musa AAAB). *Bioagro, 15*(1), 17-22. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85715102

Duque Arboleda, S., Montesalve Castañeda, P., & Restrepo Tabares, C. (2019). *INTERVENCIÓN MORFOLÓGICA DE LA HOJA DE BANANO.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Pontifica Bolivariana: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/4968/Intervenci%C3%B3n%20morfologica%20hoja%20banano..pdf?sequence=1

Escalante Rebolledo, A., Pérez López, G., Hidalgo Moreno, C., López Collado, J., Campo Alves , J., Valtierra Pacheco , E., & Etchevers Barra , J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 367-382. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792016000300367&script=sci_abstract&tlng=es

Espinosa, J., & Mite, F. (2008). *Busqueda de Eficiencia en el Uso de Nutrientes en Banano.* Obtenido de Researchgate: file:///D:/Documentos/Descargas/BUSQUEDA_DE_EFICIENCIA_EN_EL_USO_DE_NUTRIENTES_EN_.pdf

Estrada Martínez, M. E., & Encalada Pardo, N. L. (2018). Producción de banano orgánico, una experiencia exitosa en La Sa-bana del Cantón Pasaje, Provincia El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 21-27.

Galan, V., Rangel, A., Lopez , J., Peres Hernandez, J. B., Sandoval , J., & Souza Rocha , H. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales,. *Revista Barasileira de Fruticultura*. Obtenido de https://www.scielo.br/j/rbf/a/bS5hbygvpH3BWN78ppcGmGz/?format=pdf&lang=es

Garacía Petillo, Puppo, Hayashi, & Morales. (s.f.). *Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo.* Obtenido de Universidad de la República de Paraguay : http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Metodologia%20para%20determinar%20los%20parametros%20hidricos%20de%20%20un%20suelo%20a%20campo.pdf

García Montero, R., Pizarro Medina, P., Rodriguez Rastrero, M., Sierra Herráiz , M. J., Guirado Torres , M., & Millán Gómez , R. (2021). Biochar y sus aplicaciones potenciales en el suelo. *Técnica Industrial*. Obtenido de Técnica Industrial: https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/118/7613/a7613.pdf

Gauggel, C. (2010). *Fertilización del Banano.*

Gómez Calle, M. F. (Marzo de 2017). *Efectos de la suma térmica en el desarrollo de racimos de banano (Musa acuminata AAA) en dos zonas productoras distintas.* Obtenido de Repositorio de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7714/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-119.pdf

Gómez Tovar, J. (1983). *Nematodos fitoparásitos y su importancia económica en plantas de plátano en Colombia.* Obtenido de Biblioteca Digital Agropecuaria de Colombia: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/14500/24249_6714.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guzmán Piedrahita, Ó. A. (2011). EL NEMATODO BARRENADOR (Radopholus similis [COBB] THORNE) DEL BANANO Y PLÁTANO. *Luna Azul*. Obtenido de https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1210/1133

Herrera Flores , R. V. (2020). *Incidencia de la Programación del Riego en la Producción de Banano de la Finca Santa Martha.* Obtenido de Centro de Información Agraria de la Universidad Agraria del Ecuador: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HERRERA%20FLORES%20ROSA%20VICTORIA.pdf

HUMIN TECH. (s.f.). *Qué es la Leonardita* . Obtenido de HUMIN TECH: https://www.humintech.com/es/agricultura/informaciones/que-es-la-leonardita-1

IICA. (s.f.). *Prácticas culturales para el manejo sanitario de enfermedades en el cultivo de plátano.* Obtenido de IICA: http://repiica.iica.int/docs/B4208e/B4208e.pdf

INIAP. (2014). *Banano*. Obtenido de INIAP: http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mmusa/rbanano#:~:text=Luminosidad%3A%201200%20mm%20a%201400,pH%3A%206.0%20a%207.5

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de platano (Musa spp).* Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) Web site: https://www.ica.gov.co/getattachment/08fbb48d-a985-4f96-9889-0e66a461aa8b/-nbsp;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-platano.aspx

Intagri. (2018). *Aminácidos para la Bioestimulación de Cultivos Hortofrutícolas.* Obtenido de Intagri: https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/aminoacidos-para-la-bioestimulacion-de-cultivos-hortofruticolas

INTAGRI. (2018). *Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de Banano* . Obtenido de INTAGRI: file:///D:/Documentos/Descargas/33.%20Requerimientos%20de%20Clima%20y%20Suelo%20para%20el%20Cultivo%20de%20Banano.pdf

Lahav, E., & Turner, D. (1992). *Fertilización del Banano para Rendimientos Altos.* Quito: IMPOFOS.

León Salazar, M. (2002). *Manual de Aplicación de los Diseños Experimentales Básicos en el Paquete NCSS.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Veracruzana: https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47703/LeonSalazarMercedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, A., & Espinosa, J. (1998). *Respuesta del Banano al Potasio.* Obtenido de International Plant Nutrition Institute: http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/$FILE/Respuestabanano.pdf

López, A., & Espinoza, J. (1995). *Manual de Nutrición y Fertilización del Banano.* Obtenido de International Plant Nutrition Institute (IPNI): http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf

Martínez Acosta , A. M., & Cayón Salinas, D. G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a03.pdf

Oliver Albert, M. (s.f.). *Efectos Fisiológicos de las Sustancias Húmicas sobre los Mecanismos de toma de Hierro en Plántulas de Tomate* . Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Alicate : https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13432/1/tesis_oliver.pdf

Ordoñez Cabrera, V. J. (2021). *Evaluación de Actividad Radicular del Cultivo de Banano (Musa acuminata AAA) Mediante el Uso de en El Triunfo, Guayas.* Obtenido de

Centro de Información de la Universidad Agraria del Ecuador : https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ORDO%C3%91EZ%20CABRERA%20VICENTE%20JAIR.pdf

Parra Pachón, O., Cayón Salinas, D., & Polanía Vorenberg, J. (2009). Descripción morfoagronómica de materiales de plátano (Musa AAB, ABB) y banano (Musa AAA) cultivados en San Andrés Isla. *Acta Agronómica, 58*(4), 292-298. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169916220009

Payeras, A. (2011). *Ácidos húmicos y fúlvicos en bonsái*. Obtenido de Bonsai Menorca: http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/acidos-humicos-y-acidos-fulvicos/

Pro Musa. (15 de Julio de 2020). *Morfología de la planta del banano*. Obtenido de Pro Musa: https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano

Procomer. (24 de Enero de 2019). *Desafíos del Sector Bananero en Ecuador para el 2019*. Obtenido de Procomer: https://www.procomer.com/alertas_comerciales/desafios-del-sector-bananero-en-ecuador-para-2019/

Ramírez, C., Tapia, A., & Brenes, S. (2010). DESARROLLO DEL CICLO PRODUCTIVO Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL BANANO DEALTURA QUE SE PRODUCE EN EL CANTÓN DE TURRIALBA, COSTA RICA. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, XI*(20), 92-106. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/666/66619992006.pdf

Restrepo Osorno, Y. C., Patiño Hoyos, L. F., & Castañeda Sánchez, D. A. (2008). Efecto de los Nemátodos en la Cantidad y Calidad de Raíces y Métodos de Evaluación. *Revista Politécnica*. Obtenido de https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/111

Rodríguez, C., Cayón, G., & Mira , J. (2006). Influencia del seudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano (Musa AAA Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 274-279. Obtenido de Redaly.org: https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316239009.pdf

Rojas Rojas, J., Maldonado Vargas, C., Meza Zambrano, O., Lazo Roger, Y., & Palacios Peñafiel, J. C. (2019). Use of traps with attractants for the monitoring of Cosmopolites sordidus and Metamasius spp. in Banana Barragan. *Centro Agrícola*, 58-63. Obtenido de http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-58.pdf

Russo, R., Lugo, J., Arreola, O., & Arango, O. (1995). Efecto de un Bioestimulante Húmico Extrapido del Raquis del Banano sobre el Crecimiento de Plántulas de Banano (MusaAAA subgrupo "Cavendish" don 'Gran enano'). *AGRONOMÍA MESOAMERICANA, 6*, 130-133. Obtenido de https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/24818/25033

Saavedra Jaen , J. B. (2017). *Efectos de las malas prácticas agrícolas sobre el retorno en plantas de banano (Musa x paradisiaca) subgrupo cavendish.* Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica de Machala: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11346/1/DE00008_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf

Sabio, C., Salgado, C., & Salgado, V. (s.f.). *Manual del Cultivo de Banano.* Obtenido de Biblioteca Digital Zamorano: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2933/1/01.pdf

Sánchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (s.f.). *Sector Bananero Ecuatoriano, Panorama General.* Obtenido de Cedia: https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/08/Sector-bananero-ecuatoriano-final.pdf

Sancho, H., & Molina, E. (2016). Efecto del Mg y pH en la reducción de la toxicidad de Al en plantas de banano cultivadas en solución hidropónica. *Siembra*. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=653869225006

Santacruz de León, G., & Santacruz de León, E. (2020). Assessment of irrigation sprinkler performance in banana growing lots in Chiapas, México. *SIEMBRA*, 01-13. Obtenido de https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.1712

Segura Monge, A. (2018). *Fisiología de la Producción del Cultivo de Banano en el Trópico.* Obtenido de Intagri: file:///D:/Documentos/Descargas/51.%20Fisiologia%20de%20la%20Produccion%20del%20Cultivo%20de%20Banano%20en%20el%20Tropico%20(1).pdf

Suárez Figueroa, C. J. (2019). *Efecto de hongos micorrízicos, Bacillus Spp y Fósforo en el desarrollo vegetativo de banano (Musa paradisiaca)Variedad Williams en el cantón valencia, provincia de Los Ríos.* Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo: https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3269/1/T-AGROP-UTEQ-00105.pdf

Suárez Figueroa, C. J. (2019). *Efecto de Hongos Micorrízicos, Bassillus Spp y Fósforo en el desarrollo vegetativo de banano(Musa paradisiaca) Variedad Williams en el cantón Valencia, proincia de los Ríos.* Valencia.

Tenesaca Martínez, S., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2019). DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE BIOCARBÓN COMO ENMIEN-DA EDÁFICA EN EL CULTIVO DE BANANO (MUSA X PARADISIACA L.) CLON WILLIAMS. *Revista Científica Agroecosistemas*, 134-141. Obtenido de https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes.

Terralia . (2014). *Los aminoácidos y su interacción con los vegetales* . Obtenido de Terralia: https://aefa-agronutrientes.org/wp-content/uploads/entrevista-a-vicente-lopez-sobre-aminoacidos-vegetales-2.pdf

Tisagi Sigcha , C. G. (2017). *Cultivo de Altas Densidades en Banano.* Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi: http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4119/1/UTC-PIM-000084.pdf

Tradecorp. (2017). *Aminoácidos y agricultura.* Obtenido de Tradecorp: https://tradecorp.mx/wp-content/uploads/2017/11/02-aminoacidos-1.pdf

Usuga Osorio, C. E., Castañeda Sánchez, D., Franco Molano, A. E., Gómez Velásquez, F. A., & Lopera Agudelo, C. A. (2008). EFECTO DE LA MICORRIZACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN EN LA ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN PLANTAS DE BANANO (Musa AAA cv. Gran Enano) (Musaceae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/36940

Valencia Morla, L. A. (2018). *Evaluación de técnicas de cirugía en el cultivo de banano (Musa spp.), para* . Babahoyo.

Valerio, R., Lindorf, H., & García de García, E. (2002). Anatomía foliar comparada de ocho cultivares de banano con relación a la resistencia o susceptibilidad a la Sigatoka (amarilla y negra). *Agronomía Tropical*, 507-521. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000400007

Vargas Calvo, A. (2012). Grosor del Fruto de la Última y Segunda Mano como Criterio de Cosecha en Banano. *Agronomía Mesoamericana*, 41-46. Obtenido de redalyc: https://www.redalyc.org/pdf/437/43723963005.pdf

Vásquez , M. (2003). Anatomy and morphology of monocotyledonous and dicotyledonous roots. *International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP)*, 37-42.

Veobides Amador , H., Guridi Izquierdo, F., & Vázquez Padrón , V. (2018). Las Sustnacias Húmicas como Bioestimulantes de Plantas Bajo Condiciones de Estrés Ambiental . *Cultivos Tropicales* , 8.

Villareal Núñez, J. E. (2010). *Determinación de un Índice de Calidad del Suelo en Áreas Productoras de Banano (Musa x paradisiaca L.) de la Vertiente del Pacífico de Panamá.* Obtenido de Tesis Doctorals en Xarxa: https://2/bitstream/handle/10803/8246/Tjevn1de1.pdf?sequence=1

Villarreal Núñez, J., Pla Sentis, I., Agudo Martínez, L., Villaláz Perez, J., Rosales, F., & Pocasangre, L. (2013). ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO EN ÁREAS CULTIVADAS CON BANANO EN PANAMÁ. *Agronomía Mesoamericana*, 301-315. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/437/43729228007.pdf

Villaseñor, D., Noblecilla-Romero, Y., Luna-Romero, E., Molero-Naveda, R., Barrezueta-Unda, S., Barrezueta-Unda, S., . . . Garzón-Montealegre, J. (2020). Optimal economic response of potassic fertilization on productive variables of banana (Musa spp.). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 161-170.

8 ANEXO

Anexo 1 Estimados amigos y compañeros de tesis. Carlos Granda y Jordy Sócola

Anexo 2 Preparación de los tratamientos

Anexo 3 Tratamiento 11. Diferencia significativa en peso total de raíces

Anexo 4 Raíces de tratamiento testigo