

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**  
Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de noviembre 13 de 1985

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Estimuladores de crecimiento sintéticos, en plantas de plátano de  
exportación bajo condiciones de cámara térmica”**

**AUTOR: FARIAS VALENCIA MAIRA ROXANA**

**TUTOR: Ing. MARCO VINICIO DE LA CRUZ CHICAIZA MSc.**

El Carmen, abril del 2022

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-01-F-010</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página i de 47

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría de la estudiante Farias Valencia Maira Roxana, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2021-2022, cumpliendo el total de 64 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Estimuladores de crecimiento sintéticos, en plantas de plátano de exportación bajo condiciones de cámara térmica”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 12 de enero de 2022

Lo certifico,

Ing. De La Cruz Chicaiza Marco Vinicio, MSc.

**Docente Tutor**

**Área:** Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

Estimuladores de crecimiento sintéticos, en plantas de plátano de exportación  
bajo condiciones de cámara térmica

**AUTOR:** Farias Valencia Maira Roxana

**TUTOR:** Ing. De La Cruz Chicaiza Marco Vinicio, MSc.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

---

Ing. Jorge Sifrido Vivas Cedeño, Mg.

---

Ing. José Randy Cedeño Zambrano, Mg.

---

Ing. Ricardo Paul González, Mg.

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico primeramente a Dios, ya que gracias a él he logrado alcanzar mis objetivos académicos, en especial el de graduarme como profesional de mi país.

Se lo dedico a mi madre por haberme formado todos estos años con valores y buenos sentimientos, los cuales me han impulsado a seguir adelante en los momentos más difíciles de mi vida, por haber depositado toda su confianza en mi durante todos los obstáculos que se presentaron a lo largo del camino.

A mi padre que desde el cielo ilumina mi camino y todas mis acciones para continuar con mis proyectos.

A mi hija Mayerli, que ha sido la mayor motivación para superar las dificultades sin rendirme en el camino, principalmente en esta etapa universitaria, y que espero sirva de ejemplo para que ella logre también sus objetivos.

A mi hermana quien me ha alentado en todos los momentos y pasos que doy, a mi cuñado y sobrino que durante este proceso estuvieron conmigo ayudándome en todo momento.

A mi esposo por ser una guía con sus palabras, consejos y confianza que ha depositado en mí, por darme su amor, su paciencia y el tiempo necesario para profesionalizarme.

A mis amigos y compañeros de estudios y a todas las personas que directa o indirectamente han contribuido en este gran logro que hoy alcanzo.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera general a todos los que hicieron parte de mi vida y mi camino para alcanzar este objetivo tan importante en mi vida, en especial, a los que estuvieron más cerca caminando conmigo en estos años de preparación y esfuerzo.

Agradezco aquellos que me apoyaron y me brindaron sabios consejos a lo largo del camino, y a quienes fueron mi inspiración durante toda mi vida.

De manera especial quiero agradecer a Dios, a mis padres, hermanas, esposo e hija, que me enseñaron que “el amor verdadero no es otra cosa que el deseo inevitable de ayuda al otro para que este se supere”.

Mi gratitud a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por darme la oportunidad y abrirme sus partes y convertirme en una profesional.

A mis profesores y en especial a mi tutor Ing. Marco De La Cruz Chicaiza, quien supo creer en mis capacidades y orientarme sin interés alguno.

## ÍNDICE

PORTADA .....	1
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE.....	v
TABLAS.....	vi
FIGURAS .....	vii
ANEXOS .....	vii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1 MARCO TEÓRICO .....	3
1.1 El plátano .....	3
1.1.1 Importancia.....	3
1.1.2 Generalidades .....	4
1.1.3 Características agronómicas .....	4
1.2 Reproducción de semillas .....	5
1.2.1 Propagación de semillas .....	5
1.3 Estimuladores de crecimiento .....	6
1.3.1 Giberelinas y Auxinas .....	7
1.4 Cámara térmica .....	7
CAPÍTULO II.....	9
2 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO .....	9
2.1 Ubicación del ensayo.....	9
2.2 Características agroecológicas de la zona.....	9
2.3 Variables en estudio.....	9
2.3.1 Variables independientes.....	9
2.3.2 Variables dependientes.....	9
2.4 Característica de las Unidades Experimentales .....	10

2.5	Tratamientos .....	11
2.6	Diseño experimental .....	11
2.7	Materiales e instrumentos .....	11
2.7.1	Equipos de campo.....	11
2.7.2	Materiales de oficina .....	12
2.8	Manejo del Ensayo.....	12
2.8.1	Obtención de las semillas .....	12
2.8.2	Desinfección y aplicación de hormonas .....	13
2.8.3	Elaboración del sustrato.....	13
2.8.4	Siembra de las plantas .....	13
2.8.5	Elaboración de la cámara térmica.....	13
2.8.6	Riego.....	13
2.8.7	Toma de datos.....	13
CAPÍTULO III .....		14
3	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	14
3.1	Altura de plantas .....	14
3.2	Perímetro de pseudotallo.....	15
3.3	Número de hojas .....	17
3.4	Porcentaje de supervivencia.....	18
3.5	Número de raíces .....	19
3.6	Materia seca .....	20
3.7	Análisis de costos.....	21
CONCLUSIONES.....		23
RECOMENDACIONES .....		24
BIBLIOGRAFÍA .....		xi
 <b>TABLAS</b>		
Tabla 1. Características meteorológicas presentadas en el ensayo.....		9
Tabla 2. Descripción de la unidad experimental. ....		10
Tabla 3. Disposición de los tratamientos.....		11
Tabla 4. Esquema del ADEVA.....		11

Tabla 5. Altura de planta en la multiplicación de semillas con estimuladores de crecimiento en condiciones de cámara térmica.....	14
Tabla 6. Perímetro de pseudotallo del plátano en la multiplicación de semillas con estimuladores de crecimiento en condiciones de cámara térmica. ....	16
Tabla 7. Respuesta en el número de hojas emitidos por el plátano de exportación con la aplicación de estimuladores de crecimiento sintético en condición de cámara térmica.....	17
Tabla 8. Análisis de los costos de inversión en la aplicación de fitohormonas reguladoras del crecimiento en el desarrollo de los colinos de plátano. ....	22

## FIGURAS

<i>Figura 1. Diseño y dimensiones de una cámara térmica para reproducción acelerada de semilla de plátano (Cobeña y López, 2018). ....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2. Altura de planta promedio de los hijuelos bajo la aplicación de estimuladores de crecimiento en condiciones de cámara térmica. ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3. Perímetro de pseudotallo en el plátano de exportación con dosis de estimulantes de crecimientos sintéticos en condiciones de cámara térmica en la primera semana.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4. Número de hojas promedio de los hijuelos bajo la aplicación de estimuladores de crecimiento en condiciones de cámara térmica. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5. Porcentaje de plantas vivas y muertas en la propagación del plátano de exportación bajo el efecto de estimuladores del crecimiento sintéticos en condición de cámara térmica. ....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6. Número de raíces de plántulas en la propagación del plátano de exportación bajo el efecto de estimuladores del crecimiento sintéticos en condición de cámara térmica. ....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7. Porcentaje de materia seca de las plántulas en la propagación del plátano de exportación bajo el efecto de estimuladores del crecimiento sintéticos en condición de cámara térmica.....</i>	<i>21</i>

## ANEXOS

<i>Anexo 1. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 1. ....</i>	<i>xii</i>
<i>Anexo 2. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 2. ....</i>	<i>xii</i>
<i>Anexo 3. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 3. ....</i>	<i>xii</i>

<i>Anexo 4. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 4.</i> .....	xii
<i>Anexo 5. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 5.</i> .....	xii
<i>Anexo 6. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 1.</i> .....	xiii
<i>Anexo 7. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 2.</i> .....	xiii
<i>Anexo 8. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 3.</i> .....	xiii
<i>Anexo 9. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 4.</i> .....	xiii
<i>Anexo 10. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 5.</i> .....	xiii
<i>Anexo 11. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 1.</i> .....	xiii
<i>Anexo 12. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 2.</i> .....	xiv
<i>Anexo 13. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 3.</i> .....	xiv
<i>Anexo 14. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 4.</i> .....	xiv
<i>Anexo 15. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 5.</i> .....	xiv
<i>Anexo 16. Construcción de la cámara térmica.</i> .....	xv
<i>Anexo 17. Elaboración del sustrato.</i> .....	xv
<i>Anexo 18. Obtención de las semillas.</i> .....	xvi
<i>Anexo 19. Limpieza de los cormos obtenidos en campo.</i> .....	xvi
<i>Anexo 20. Desinfección de las semillas.</i> .....	xvii
<i>Anexo 21. Siembra de los colinos.</i> .....	xvii
<i>Anexo 22. Riego y aplicación de los estimuladores de crecimiento sintéticos.</i> .....	xviii
<i>Anexo 23. Desarrollo y crecimiento de las plántulas de plátano.</i> .....	xviii

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en los predios de la granja experimental “Río Suma” de la carrera de ingeniería agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión en El Carmen, con el objetivo de evaluar el efecto de la utilización de estimuladores de crecimiento sintéticos, en plantas de plátano en condiciones de cámara térmica, para esto se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en el que se establecieron 7 tratamientos y 3 repeticiones, para los tratamientos se escogieron dos estimuladores de crecimientos sintéticos, las auxinas y giberelinas en dosis de 1, 2 y 3 ml L<sup>-1</sup> más un testigo sin aplicación de fitohormonas, para el desarrollo de la investigación se seleccionaron cormos en excelente estado y se colocaron en una cámara térmica para acelerar el proceso de multiplicación de plántulas. Los resultados encontrados determinaron que para la altura de planta y número de hojas no existieron diferencias significativas entre la media de los tratamientos, las plantas tratadas con auxina con 1 ml L<sup>-1</sup> alcanzaron las mejores respuestas en perímetro de pseudotallo (7,83 cm) en la primera semana, porcentaje de supervivencia (90%) y porcentaje de materia seca (18,20%), mientras que para el número de raíces el tratamiento con auxina a 2 ml L<sup>-1</sup> tuvo el mayor rendimiento con 56 raíces; las auxinas tuvieron mejor resultados en la mayoría de las variables estudiadas.

Palabras claves: Auxina, giberelina, fitohormonas, supervivencia.

## ABSTRACT

An investigation was carried out in the fields of the experimental farm "Rio Suma" of the agricultural engineering career of the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extension in El Carmen, with the aim of evaluating the effect of the use of growth stimulators synthetic, in banana plants under thermal chamber conditions, for this a completely randomized block design (DBCA) was proposed in which 7 treatments and 3 repetitions were established, for the treatments two synthetic growth stimulators were chosen, auxins and gibberellins in doses of 1, 2 and 3 ml L<sup>-1</sup> plus a control without application of phytohormones, for the development of the research corms in excellent condition were selected and placed in a thermal camera to accelerate the seedling multiplication process. The results found determined that for the height of the plant and the number of leaves there were no significant differences between the mean of the treatments, the plants treated with auxin with 1 ml L<sup>-1</sup> reached the best responses in pseudostem perimeter (7.83 cm) In the first week, percentage of survival (90%) and percentage of dry matter (18.20%), while for the number of roots the treatment with auxin at 2 ml L<sup>-1</sup> had the highest yield with 56 roots; auxins had better results in most of the variables studied.

Keywords: Auxin, gibberellin, phytohormones, survival.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano se posiciona como uno de los más importantes a nivel mundial, sustentando las necesidades alimenticias de la población general y generando ingresos económicos a los países que se dedican a esta actividad, especialmente en los centroamericanos; el interés hacia esta musácea se debe a la buena rentabilidad que ofrece el fruto y a los altos índices de producción que se extraen de los racimos semanalmente y que son un producto de gran exportación a los mercados internacionales (Martínez, 2018).

Las cantidades de ingresos económicos que genera en los países, y las oportunidades laborales que brinda en las zonas rurales han generado el crecimiento y desarrollo del cultivo en el sector agrícola, en países como El Salvador, Ecuador, Colombia y México la fruta del plátano forma parte indispensable de la canasta básica familiar, esto por la fácil obtención del producto y lo económicamente accesible que es para las personas (Mejía, 2018).

Ecuador está considerado dentro de los países con mayor actividad agrícola, siendo que las actividades enfocadas en la producción de cultivos y la explotación ganadera se componen como uno de los pilares de la economía del país; entre los cultivos más significativos del país está el plátano y sus diferentes variedades producidas, las cuales ocupan el 32% del comercio internacional; las provincias de mayor superficie cultivada con esta musácea son Manabí, Los Ríos y Santo Domingo, creando en estos sectores fuentes de empleo y alimentación abundante a los mismos productores (Álvarez y col., 2020).

En lo que respecta al manejo del cultivo a nivel de campo, entre las labores más importantes se destaca la propagación de semillas, para el establecimiento de nuevas áreas con el cultivo, en el caso de las musáceas, estas tienen una reproducción exclusivamente asexual, es decir, se reproducen mediante una parte de la planta madre o por el desarrollo de yemas laterales como es el caso del plátano, siendo esta técnica la más utilizada por los agricultores para la propagación y reproducción del cultivo en sus fincas obteniendo las semillas directamente de sus plantaciones (Cardona, y otros, 2017).

Esta metodología de reproducción de semilla ha facilitado en gran medida la expansión del cultivo a otras áreas sin plátano, sin embargo, la condición nutricional y sanitaria no suelen ser las más adecuadas de estas semillas utilizadas, ya que las plantaciones donde son obtenidas presentan problemas de plagas y enfermedades que limitan el normal desarrollo de los hijuelos de las plantas, lo que provoca una limitada efectividad de los colines para la siembra de plátano y que se traducirá en disminución de la productividad del cultivo (Álvarez y col., 2013).

La tradición de los plataneros al momento de establecer nuevos cultivos es extraer los colinos o semillas de sus plantaciones de muchos años son renovación y con un manejo poco adecuado, o sin ninguna tecnificación, siendo común descuidar los métodos o técnicas de multiplicación de semilla de las plantas de plátano, y omitiendo el uso de productos beneficiosos para mejorar la fisiología y sanidad de los colinos para la futura plantación (Díaz I. , 2019).

Entre las opciones y alternativas a los métodos convencionales de obtención de semillas se pueden implementar técnicas que mejoran la reproducción de los hijuelos en los cormos, como es la construcción y uso de las cámaras térmicas, infraestructura diseñada con la finalidad de incrementar la producción de hijuelos en un tiempo más reducido, además de que ayuda al control de plagas que bajo las condiciones de calor propuestas no pueden sobrevivir en este ambiente (Álvarez y col., 2013).

La aplicación de reguladores del crecimiento es otra de las opciones que se pueden utilizar para mejorar de forma segura el desarrollo y crecimiento de los hijuelos en los cormos de las plantas, ya que estos benefician a la multiplicación del número de colines que se obtienen por planta y aporta un mejor crecimiento para la defensa contra las plagas y enfermedades cuando se siembran en lugar definitivo (Borjas, Julca y Alvarado, 2020); por este motivo se propuso este experimento, planteado con los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de la utilización de estimuladores de crecimiento sintéticos, en plantas de plátano en condiciones de cámara térmica.

### **Objetivos específicos:**

- Comparar el efecto de los estimuladores sintéticos utilizados en plantas de plátano.
- Describir el comportamiento de las plantas de plátano barraganete con relación a la dosis estudiada.
- Realizar el análisis costo-beneficio de los tratamientos.

### **Hipótesis:**

La aplicación de estimuladores de crecimiento sintéticos, aumentan la producción de hijuelos de planta de plátano, en condiciones de cámara térmica.

## CAPÍTULO I

### 1 MARCO TEÓRICO

#### 1.1 El plátano

##### 1.1.1 Importancia

El plátano ha sido uno de los cultivos de mayor crecimiento en los últimos años, teniendo un incremento en superficie establecida con este cultivo y la producción obtenida durante las últimas dos décadas, para el 2019 en el mundo se reportaron más de 5,7 millones de hectáreas cosechadas, de las cuales se alcanzó una producción mayor a los 41,5 millones de toneladas, las cuales una gran mayoría de estas se destina al consumo interno de los países productores y otra parte considerable se exporta generando ingresos económicos a los agricultores y las regiones dedicadas a este cultivo (FAO, 2021).

En Centroamérica y América del sur la producción del plátano es un recurso vital para la seguridad alimenticia de los pobladores y el sustento económico para las familias del sector rural, especialmente en estos países con escaso o nulo desarrollo industrial, donde la producción de la fruta se exporta de manera natural en fresco a países desarrollados como Estados Unidos y otros de la Unión Europea y no se aprovecha para comercializarlo como producto procesado (Álvarez y col., 2020).

En Ecuador, según los datos obtenidos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria continua el cultivo de plátano ocupa el cuarto puesto entre los de mayor superficie sembrada con el 10% del área total destinada en el país a la producción de cultivos permanentes, esto equivale a 145 501 ha en todo el territorio nacional, de estas durante el 2020 se obtuvo 722 298 toneladas, de las cuales más de 653 mil se destinaron a la comercialización interna y exportación internacional (INEC, 2020).

Manabí se posesiona como la provincia de mayor área cultivada y producción anual con esta musácea, posee el 39% de la superficie sembrada con plátano y produce más del 38% de la fruta a nivel nacional; la mayoría de la actividad platanera en la provincia se realiza en el cantón El Carmen, reconocido sector como la capital platanera del mundo por contar con la mayor área de siembra con este cultivo y la producción más alta en Ecuador, así mismo constituye la ciudad que más exportaciones realiza en esta fruta (Moreira y Ponce, 2015).

### 1.1.2 Generalidades

Las musáceas según Mejía (2018) se originaron en el continente asiático, al suroeste entre los países de la India, Malasia, Myanmar y Tailandia, de donde se identificaron por primera vez los dos genomas correspondientes a las variedades de este cultivo, la *Musa balbisiana* y *M. acuminata*, de la combinación de estas dos se producen todas los cultivares reconocidos del género *Musa*; las primeras plantas crecieron en condiciones de sotobosques, con cierta cantidad de sombra que beneficiaban el desarrollo de las plantas.

### 1.1.3 Características agronómicas

El plátano es una planta herbácea de tamaño grande, tiene un sistema de raíces fasciculado de tipo fibroso, compuesto de raíces primarias, que sirven de sosten ayudando al cormo, de estas se desprenden las raíces secundarias y terciarias, las cumplen la función de absorber nutrientes y agua para el desarrollo de la planta, el rizoma o tallo verdadero de las musáceas se encuentra debajo de la superficie, también llamado burla o cormo tiene el objetivo de sostener la planta y es el punto de crecimiento de la misma, además de esta surgen los hijuelos o colines que sirvan para multiplicar o reproducir el cultivo (Rivero, 2016).

El pseudotallo o falso tallo del plátano tiene una gran altura, esta formado por las vainas foliares que crecen del cormo o rizoma, hacia la superficie, las vainas están unidas de forma envolvente que le dan rigidez al pseudotallo, en la parte final empieza la aparición de las hojas, posecionadas espiralmente, crecen desde el meristema de forma gradual cada cierto tiempo, su función principal es la fotosíntesis, la hoja del plátano está conformado por una nervadura central gruesa, la cual divide al limbo en dos partes (Araque, 2020).

Al terminar su desarrollo fisiológico vegetativo empiezan el proceso productivo mediante la aparición de la bellota, esta contiene todas las flores que se convertirán en los dedos del racimo de plátano; generalmente este contienen 4 a 5 manos en donde se organizan las 12 a 24 dedos o fruto que producira el cultivo por cada planta; el tiempo desde la floración hasta la cosecha tiene un promedio entre los 80 hasta los 180 días, de acuerdo al manejo agronómico del cultivo y las prácticas de fertilización, deshoje, deshoje y selección de semilla utilizadas (Anido y Cartay, 2010).

La variedad barraganete es la más cultivada en las zonas de El Carmen, Santo Domingo y Quevedo, siendo la más alta en producción y exportación en la región, generalmente el racimo tiene una producción reducida de manos y dedos en comparación con otras variedades como el dominico, sin embargo, los frutos son de mayor longitud y grosor con una forma curva, que lo

vuelve atractivo al mercado internacional y al consumidor final, las plantas de esta variedad son resistentes a sequías y se han adaptado al clima de la localidad, motivo principal de establecer nuevas áreas con este cultivar (Véliz y Bravo, 2016).

## **1.2 Reproducción de semillas**

El plátano tiene una reproducción asexual, es decir, debe multiplicarse mediante yemas, rebrotes o alguna parte vegetal del cultivo; en el caso de las musáceas los hijuelos para el establecimiento de nuevas áreas de cultivos debe seleccionar las yemas que crecen de plantaciones ya desarrolladas, procurando seleccionar las plantas con mejores características, las cuales deben tener buen tamaño, grosor de pseudotallo, buena producción de racimo, sin infección de plagas o enfermedades (Díaz, 2017).

A los hijuelos del plátano también se les denomina cormos, cepas, colinos o hijos que son los encargados de multiplicar al cultivo bajo las mismas características de las plantas madre, estos se cortan directamente de la planta en desarrollo o producción con un machete u otra herramienta, si las características de la planta madre son las mejores se puede garantizar el éxito del cultivo mediante los nuevos colinos, sin embargo, este método de recolección de semillas es propicia para la transmisión de plagas como el picudo hacia la nueva plantación (Ospina y Rubiano, 2019).

Entre los tipos de semillas que se pueden extraer de una planta están los hijos de espadas, caracterizados por tener hojas en forma de punta, son categorizadas como el mejor material para reproducir, debido a que producen plantas gruesas y con buenas características, los hijos de agua se diferencian por tener la hoja ancha, estos vienen de retoños mal formados, por esta razón no son recomendados para la siembra, y la sugerencia técnica es eliminar estas plantas del cultivo (Saldívar, 2017).

### **1.2.1 Propagación de semillas**

En el sector rural los agricultores mantienen la costumbre de adquirir el material de siembra mediante la extracción directa de plantaciones viejas, sin embargo, los problemas fitosanitarios y la poca garantía de las semillas disminuyen el potencial productivo del cultivo, generando pérdidas económicas a futuro por la baja producción, en consideración de la importancia de la calidad de colinos que deben sembrarse se han implementado en algunos países técnicas de propagación en el cual se induce a los cormos producir semillas de manera rápida bajo un control estricto de plagas y enfermedades (Aguilar, Reyes y Acuña, 2004).

Entre los métodos de propagación con mejores resultados en el plátano destaca la “técnica de reproducción acelerada de semilla” utilizada en algunos cultivos para incrementar la producción de plántulas y mejorar la calidad de estas, la técnica consiste en seleccionar los cormos de plantas más idóneas para la reproducción y eliminar el punto de crecimiento apical del rizoma y colocarlo en almácigos, lo que evitará totalmente el crecimiento de la planta y comenzará un proceso acelerado de emisión de yemas auxiliares (Ospina y Rubiano, 2019).

Bajo este sistema de TRAS (Técnica de reproducción acelerada de semillas) se pueden emplear métodos adicionales que mejoran la reproducción de plántulas, como las cámaras térmicas que brindan un ambiente caluroso a los cormos e incrementan la velocidad de crecimiento de rebrote, inducen la producción de más yemas auxiliares y aportan un control natural contra plagas y enfermedades como los picudos y los nemátodos, los resultados de esta infraestructura dependen de alcanzar las temperaturas adecuadas de entre 50 hasta los 70°C (Cardona y col., 2017).

Otra de las alternativas que se pueden implementar en la reproducción acelerada de semillas son los sustratos que aporten a los cormos las condiciones propicias para la emisión de yemas auxiliares, los materiales más utilizados son la tierra negra, arena de río o cascarilla de arroz, siendo este último uno de los más efectivos en el crecimiento, desarrollo, sobrevivencia y ganancias económicas (Marín y Gutiérrez, 2009).

### **1.3 Estimuladores de crecimiento**

Las cámaras térmicas y los sustratos preparados son una alternativa eficaz para el desarrollo y crecimiento de las yemas axilares de los cormos, sin embargo, para mantener un buen proceso de multiplicación de hijuelos en el cultivo se recomienda aplicar productos o sustancias benéficas al suelo que aumenten el potencial reproductivo de las plántulas, entre las alternativas se encuentran los estimulantes de crecimientos (Álvarez y col., 2013).

Los estimulantes o también denominados bioestimulantes se definen como sustancias o microorganismos que al utilizarse en plantas y cultivos estimulan y mejoran el crecimiento y desarrollo vegetal, específicamente benefician a la absorción de nutrientes por parte de las raíces y ayudan a la producción bajo situaciones de estrés, durante los últimos años estos bioestimulantes han ganado gran popularidad dentro de la agricultura sostenible y amigable con el ambiente (Veobides, Guridi y Vázquez, 2018).

Los estimuladores de crecimiento han demostrado tener un efecto positivo sobre las musáceas, ya que incrementan la proliferación de estas bajo la reproducción de plántulas in vitro e in vivo;

las pruebas se realizaron con productos sintéticos compuestos de ácidos y hormonas demostrando una mayor multiplicación de hijuelos, disminuyendo el tiempo de reproducción y crecimiento, con mejores características agronómicas ideales para el trasplante en funda y posterior siembra en campo (Héctor y col., 2007).

### **1.3.1 Giberelinas y Auxinas**

Entre los estimuladores del crecimiento más importantes y conocidos por agricultores están las giberelinas, estas según Sáez (2016) son hormonas que se producen naturalmente en las plantas, y también se comercializan mediante productos sintéticos, la base química de estas son los ácidos carboxílicos diterpenoides tetracíclicos, la representación resumida de estos es GA's, la función básica de las giberelinas en las plantas son el estiramiento y la elongación de las estructuras celulares.

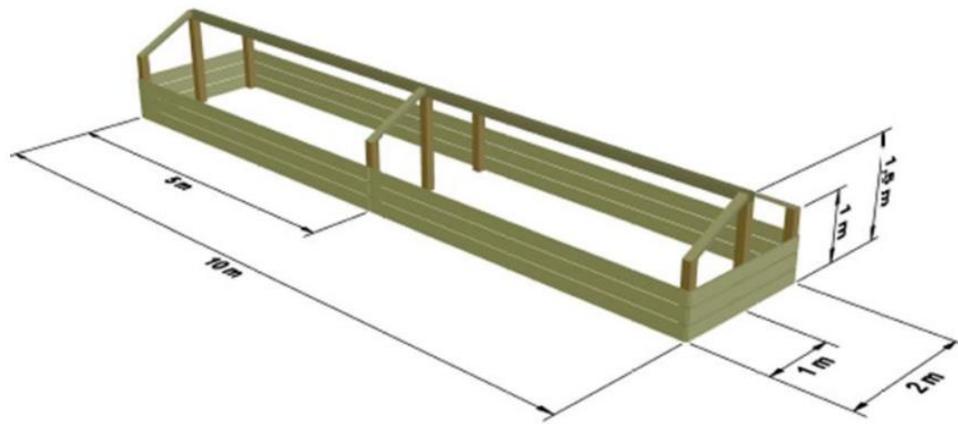
Otro de los reguladores del crecimiento más utilizados a nivel de campo son las auxinas, la cual forma parte de las hormonas vegetales al igual que las giberelinas y regulan varios procesos en el crecimiento y desarrollo de las plantas; una de las auxinas más identificadas es el ácido indolacético (IAA) principalmente empleado para estimular el desarrollo y elongación de las células del tallo de las plantas, otro de los beneficios de las auxinas en el cultivo es el desarrollo de las raíces (Carrión, 2020).

Estas fitohormonas presentadas en conjunto tienen la función de incrementar el crecimiento de los tejidos vegetales, acelerando el desarrollo de estos, también generan beneficios en la formación de las raíces y las hojas jóvenes de las ramas, además de ayudar al desarrollo de la floración, en otros tipos de plantas con presencia de entrenudos, estas hormonas elongan los segmentos de los nudos, en los cultivos frutales con semillas ayuda a la formación de estas (Alcantara y col., 2019).

## **1.4 Cámara térmica**

El uso de la cámara térmica para la aceleración de producción de semillas es una técnica de gran difusión en los especialistas en plátano, en estas se producen hijuelos de manera eficiente con altos estándares de calidad, libre de plagas e insectos y ya preparados para la siembra a lugar definitivo, esta es una estructura diseñada de metal o madera según la finalidad y el tiempo de uso cubierta con un plástico de 200 micrones capaz de generar calor a temperaturas de 45 hasta los 90 °C, limita la pérdida de calor al exterior y resiste el paso los días, la recomendación de tiempo de uso es mínimo los 4 años (Ozambela, 2017).

La eliminación y el nivel de sanidad que se alcanza dentro de la cámara térmica con los hijuelos se debe a las altas temperatura, las cuales eliminan todos los patógenos presentes en los cormos, las madres utilizadas pueden alcanzar la producción de entre 30 a 40 hijuelos en promedio, el peso de estos puede alcanzar los 150 gramos o más, antes de la siembra se recomienda eliminar las partes externas necrosadas y limpiarlos debidamente, eliminando las raíces, la determinación del tiempo de siembra se puede fijar con la producción de hojas o la altura de los hijuelos, los cuales deben estar en la cuarta hoja o entre los 20 a 25 cm de altura (Cubas, 2019).



*Figura 1.* Diseño y dimensiones de una cámara térmica para reproducción acelerada de semilla de plátano (Cobeña y López, 2018).

## CAPÍTULO II

### 2 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

#### 2.1 Ubicación del ensayo.

El trabajo experimental de investigación con la cámara térmica para la multiplicación de colinos se desarrolló en la granja experimental “Río Suma” de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí de la extensión en El Carmen, provincia de Manabí en el km 36 de la vía Santo Domingo – Chone margen derecho, en las coordenadas 0°15'46,1" S y 79°25'41,6" W.

#### 2.2 Características agroecológicas de la zona.

*Tabla 1. Características meteorológicas presentadas en el ensayo.*

<b>Características</b>	<b>ULEAM</b>
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año <sup>-1</sup> )	1 026,2
Precipitación media anual (mm)	2 806
Altitud (msnm)	260

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018).

#### 2.3 Variables en estudio

##### 2.3.1 Variables independientes

###### - Estimuladores de crecimiento

**Auxina:** dosis de 1, 2 y 3 ml L<sup>-1</sup>

**Giberelina:** dosis de 1, 2 y 3 ml L<sup>-1</sup>

##### 2.3.2 Variables dependientes

**Número de plantas vivas:** Se contabilizaron las plantas que quedaron vivas al finalizar el experimento.

**Número de plantas muertas:** Se contabilizaron las plantas que se murieron en el transcurso de la investigación, para determinar el porcentaje de supervivencia del plátano.

**Altura de la planta:** Se tomó la medida de las plantas de plátano durante las 5 primeras semanas, desde la superficie donde comienza el pseudotallo hasta la intersección de las dos últimas hojas.

**Perímetro de pseudotallo:** Se tomó a 15 centímetros de la superficie del suelo durante las primeras 5 semanas.

**Número de hojas:** Se contabilizaron las hojas semana a semana que la planta emitía durante el experimento hasta la quinta semana.

**Días al trasplante:** Se registró el tiempo en días desde la siembra hasta la fecha de extracción de los colinos para la siembra.

**Número de Raíces:** Se contabilizaron las raíces totales de las plantas en cada uno de los tratamientos al finalizar el experimento.

**Materia seca:** Se pesaron las plántulas al finalizar el experimento, luego se procedió a secar las muestras

**Beneficio costo:** Se registraron los costos generados por cada tratamiento y con base a un precio promedio de venta por cada planta se calculó el beneficio costo de los tratamientos.

## 2.4 Característica de las Unidades Experimentales

*Tabla 2. Descripción de la unidad experimental.*

<b>Características de las unidades experimentales</b>	
Superficie del ensayo	37,8 m <sup>2</sup>
Dimensiones	10 m x 3,78
Número de parcelas	21
Plantas por parcela	10 plantas
Plantas por evaluar	6 plantas
Población del ensayo	210 plantas

## 2.5 Tratamientos

Tabla 3. Disposición de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción	Dosis
1	Dosis baja de Auxina	1 ml L <sup>-1</sup>
2	Dosis media de Auxina	2 ml L <sup>-1</sup>
3	Dosis alta de Auxina	3 ml L <sup>-1</sup>
4	Dosis baja de Giberelina	1 ml L <sup>-1</sup>
5	Dosis media de Giberelina	2 ml L <sup>-1</sup>
6	Dosis alta de Giberelina	3 ml L <sup>-1</sup>
7	Testigo	0 ml L <sup>-1</sup>

## 2.6 Diseño experimental

Para la estructuración estadística y de campo se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 7 tratamientos y tres repeticiones, dando un total de 21 unidades experimentales; el análisis estadístico se realizó con el software InfoStat, la media de los tratamientos fue comparados con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Tabla 4. Esquema del ADEVA

F.V.		gL
Total	$(t * r) - 1$	20
Tratamiento	$t - 1$	6
Repetición	$r - 1$	2
Error Experimental	$(t - 1) (r - 1)$	12

## 2.7 Materiales e instrumentos

### 2.7.1 Equipos de campo

Cámara térmica

Machete

Cuchillo

Pala

Bomba de fumigar

Auxinas y giberelinas sintética

Recipiente plástico

Desinfectante

Azadón

Excavadora

Caña guadua

Plástico

Clavos

Martillo

### **2.7.2 Materiales de oficina**

Computadora

Papel

Lapicero

Tablero

## **2.8 Manejo del Ensayo**

### **2.8.1 Obtención de las semillas**

Las semillas o cormos de plátano se obtuvieron de una plantación establecida en buen estado, libre de plagas y enfermedades, el tamaño de los cormos fue medianos entre los 1600 gr de peso, los cuales fueron limpiados a profundidad eliminando las raíces y partes necróticas.

### **2.8.2 Desinfección y aplicación de hormonas**

Una vez limpios los colinos se preparó en un balde los productos utilizados para la desinfección (Clorpirifos y Carboxín + Captan), al mismo tiempo se aplicaron los estimuladores de crecimiento sintéticos.

### **2.8.3 Elaboración del sustrato**

Se tomó tierra negra y se mezcló con aserrín y se desinfectó con cal, se revolvió todo en un montículo y se llenaron las fundas a dos dedos del filo.

### **2.8.4 Siembra de las plantas**

Para la siembra de las plantas se utilizaron fundas plásticas de color negro, con dimensiones de 4 x 12 cm y se las llenó de tierra con buena cantidad de materia orgánica.

### **2.8.5 Elaboración de la cámara térmica**

Se construyó la cámara térmica con materiales de la zona (caña) y se le colocó un plástico transparente; las medidas utilizadas fueron las mismas recomendadas por Cobeña y López (2018).

### **2.8.6 Riego**

Con una bomba mecánica se aplicó el riego de las fundas sembradas con los colinos de plátano cada vez que era necesario para las plantas.

### **2.8.7 Toma de datos**

Una vez emergida la yema principal de crecimiento se comenzaron a tomar los datos de altura de planta, diámetro de pseudotallo y número de hojas semanalmente, para el conteo de las raíces se eliminó una planta de cada tratamiento al igual que la materia seca; para el porcentaje de supervivencia se contabilizaron las plantas muertas de cada tratamiento y se obtuvo el porcentaje.

## CAPÍTULO III

### 3 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

De los tratamientos aplicados en la investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

#### 3.1 Altura de plantas

Según los resultados analizados en esta variable de altura de los hijuelos del plátano, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los niveles y tipos de estimuladores de crecimiento, esto demuestra que las cantidades de auxinas, giberelinas y el testigo no influyen o cambian los valores en este parámetro, el coeficiente de variación promedio para todas las semanas evaluadas fue de 16,72%.

*Tabla 5.* Altura de planta en la multiplicación de semillas con estimuladores de crecimiento en condiciones de cámara térmica.

Tratamientos	DIAS				
	15	30	45	60	75
Auxina 1	16, 89 <sup>a</sup>	25, 95 <sup>a</sup>	32, 22 <sup>a</sup>	36, 50 <sup>a</sup>	40, 61 <sup>a</sup>
Auxina 2	12,05 <sup>a</sup>	21, 11 <sup>a</sup>	26, 67 <sup>a</sup>	31,00 <sup>a</sup>	35,00 <sup>a</sup>
Auxina 3	12, 50 <sup>a</sup>	19, 44 <sup>a</sup>	22, 84 <sup>a</sup>	26, 22 <sup>a</sup>	30, 94 <sup>a</sup>
Giberelina 1	13, 83 <sup>a</sup>	17, 72 <sup>a</sup>	20, 89 <sup>a</sup>	24, 61 <sup>a</sup>	28, 17 <sup>a</sup>
Giberelina 2	13, 78 <sup>a</sup>	19, 94 <sup>a</sup>	25, 44 <sup>a</sup>	30, 83 <sup>a</sup>	36, 39 <sup>a</sup>
Giberelina 3	8, 89 <sup>a</sup>	15, 67 <sup>a</sup>	22, 95 <sup>a</sup>	29, 83 <sup>a</sup>	35, 61 <sup>a</sup>
Testigo	14, 56 <sup>a</sup>	21, 89 <sup>a</sup>	28, 33 <sup>a</sup>	34, 72 <sup>a</sup>	40, 72 <sup>a</sup>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>21,93%</b>	<b>18,14%</b>	<b>16,53%</b>	<b>14,43%</b>	<b>12,56%</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En todas las semanas evaluadas no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, la prueba de Tukey estableció la misma categoría de valor a todas las medias obtenidas, en la figura 2 se muestra la altura de planta promedio de los tratamientos aplicados durante las cinco semanas de evaluación, el crecimiento de las plántulas obtenidas a partir de la multiplicación acelerada en cámara térmica mantiene un desarrollo lineal de crecimiento, en las primeras semanas hay un incremento de 7 cm en promedio, a partir de la segunda semana hasta la semana cinco el incremento de la altura se mantiene constante en 5 cm cada 15 días,

Esta respuesta del plátano al crecimiento en la altura de planta similar en dosis y tipos de bioestimulantes del desarrollo vegetal también se expresa en la investigación de Waldo Agudelo (2021) en el que utilizaron la cámara térmica para la multiplicación acelerada de semilla

y estimulantes que ayudan a la formación de raíces en la *Musa paradisiaca* y no obtuvieron diferencias significativa entre las distintas dosis del producto aplicado en ninguna de las variables estudiadas en el experimento.

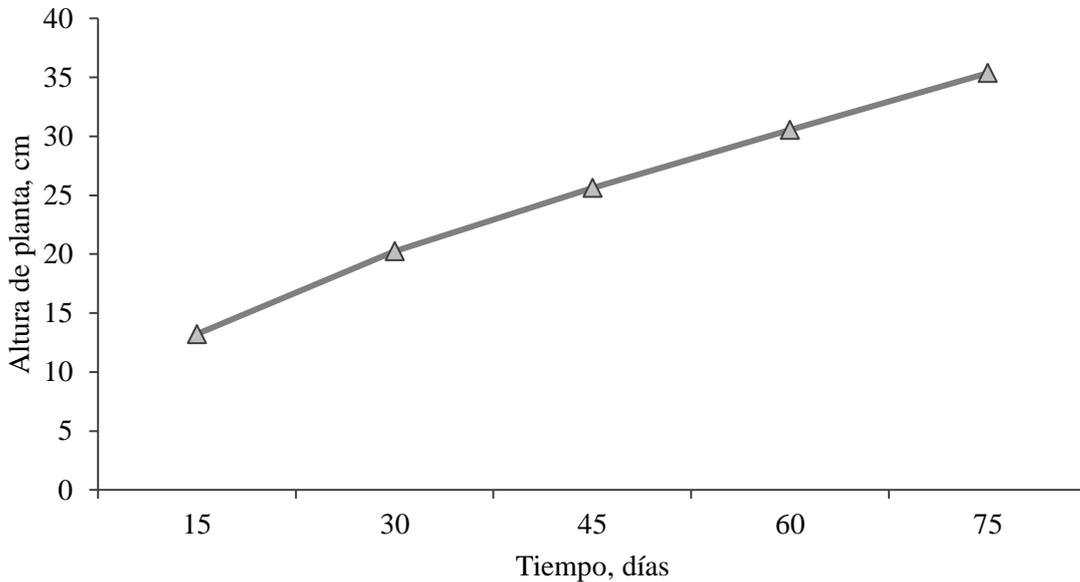


Figura 2. Altura de planta promedio de los hijuelos bajo la aplicación de estimuladores de crecimiento en condiciones de cámara térmica.

En otra investigación elaborada por Ayuque y Inga, (2019) en donde aplico bioreguladores del crecimiento en la multiplicación de diferentes variedades de musáceas, bajo condiciones de cámara térmica, los resultados y las conclusiones del trabajo experimental determinaron que los niveles de bioreguladores suministrado no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, mientras que el uso de las variedades si influyó significativamente en la altura de las plantas de plátanos.

### 3.2 Perímetro de pseudotallo

El análisis de los resultados determinaron que existió diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el perímetro de pseudotallo entre las dosis y tipo de estimulante de crecimiento en la primera semana de evaluación, el coeficiente de variación fue de 11,67%; sin embargo, para las demás semana el análisis de la varianza no presentó diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre la media de los tratamientos evaluados, el coeficiente de variación promedio alcanzado fue de 11,12%, esta muestra que durante los primeros días algunas dosis aceleran el desarrollo del tallo en cuando al grosor.

Tabla 6. Perímetro de pseudotallo del plátano en la multiplicación de semillas con estimuladores de crecimiento en condiciones de cámara térmica.

Tratamientos	DIAS				
	15	30	45	60	75
Auxina 1	7,83 <sup>a</sup>	9,89 <sup>a</sup>	12,00 <sup>a</sup>	13,28 <sup>a</sup>	14,28 <sup>a</sup>
Auxina 2	6,61 <sup>ab</sup>	8,61 <sup>a</sup>	10,83 <sup>a</sup>	12,44 <sup>a</sup>	13,67 <sup>a</sup>
Auxina 3	5,83 <sup>b</sup>	8,50 <sup>a</sup>	10,17 <sup>a</sup>	11,84 <sup>a</sup>	13,94 <sup>a</sup>
Giberelina 1	6,06 <sup>ab</sup>	8,11 <sup>a</sup>	9,50 <sup>a</sup>	11,17 <sup>a</sup>	12,61 <sup>a</sup>
Giberelina 2	5,89 <sup>ab</sup>	8,05 <sup>a</sup>	10,16 <sup>a</sup>	12,11 <sup>a</sup>	13,61 <sup>a</sup>
Giberelina 3	5,33 <sup>b</sup>	7,78 <sup>a</sup>	9,55 <sup>a</sup>	11,72 <sup>a</sup>	13,61 <sup>a</sup>
Testigo	6,28 <sup>ab</sup>	8,89 <sup>a</sup>	11,56 <sup>a</sup>	12,89 <sup>a</sup>	14,33 <sup>a</sup>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>11,17%</b>	<b>13,30%</b>	<b>13,93%</b>	<b>9,63%</b>	<b>7,65%</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Los resultados encontrados durante la primera semana (figura 3) determinan que el tratamiento 1 compuesto por auxina a 1 mL L<sup>-1</sup> presenta el promedio más alto en el perímetro del pseudotallo, mientras que los tratamientos con 3 ml L<sup>-1</sup> de auxina y giberelina tuvieron las medias más bajas en esta variable; los demás tratamientos se encontraron estadísticamente entre los dos mencionados anteriormente.

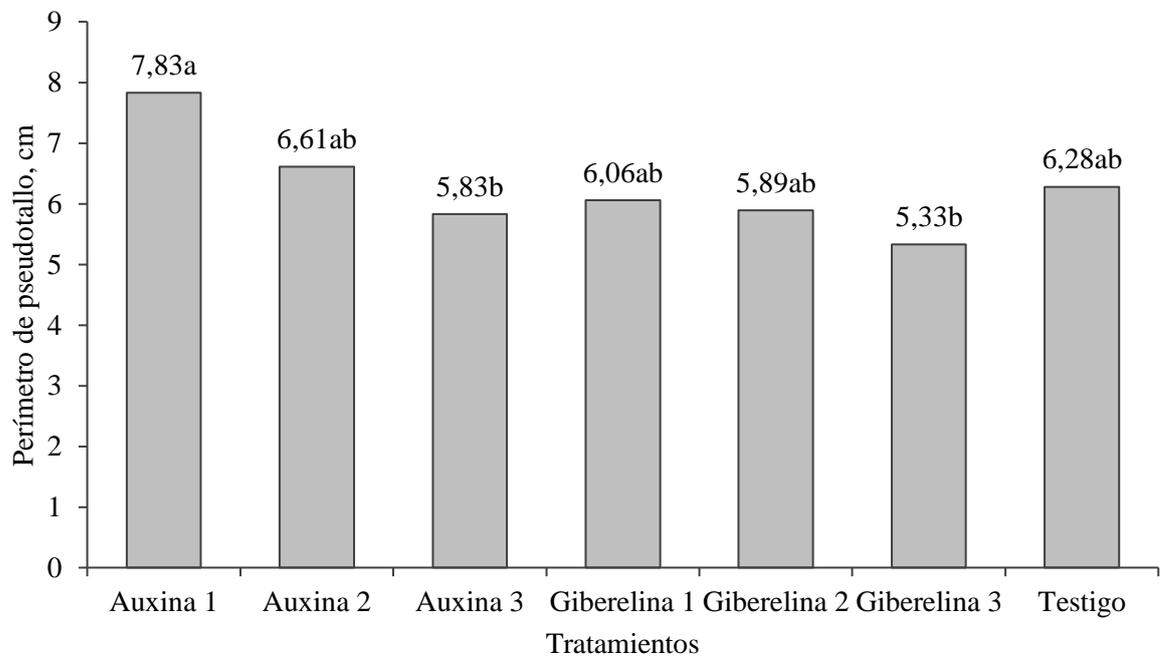


Figura 3. Perímetro de pseudotallo en el plátano de exportación con dosis de estimulantes de crecimientos sintéticos en condiciones de cámara térmica en la primera semana.

Salvador y col., (2021) establecieron un trabajo experimental en la que evaluaron la respuesta de un estimulante radicular comercial suministrado en diferentes dosis en la multiplicación vegetativa de plántulas de plátano cv. hartón bajo el efecto de la cámara térmica para acelerar el desarrollo de las plantas; la respuesta encontrada en cuanto al diámetro de los colinos fue positiva teniendo mejores promedios en los niveles más altos aplicados, mientras que el testigo y la dosis más baja presentaron el menor valor en esta variables.

### 3.3 Número de hojas

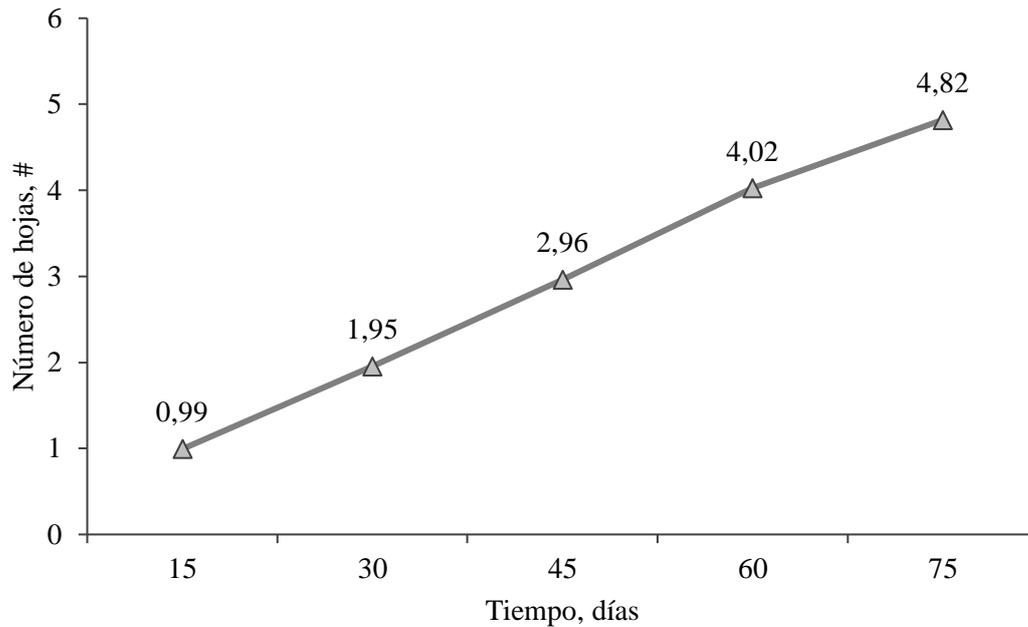
En análisis de la varianza no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la cantidad de hojas por plantas entre los niveles y estimulantes aplicados en el experimento; durante las cinco semanas de evaluación de los datos; esto indica que los reguladores de crecimiento y las dosis de estos no influyen en la producción de hojas emitidas por las plántulas de estas musáceas, el coeficiente de variación para estos parámetros alcanzó un promedio de 22,51% siendo este el mayor en comparación con las variables anteriores.

*Tabla 7.* Respuesta en el número de hojas emitidos por el plátano de exportación con la aplicación de estimuladores de crecimiento sintético en condición de cámara térmica.

Tratamientos	DIAS				
	15	30	45	60	75
Auxina 1	1,06 <sup>a</sup>	2, 28 <sup>a</sup>	3, 28 <sup>a</sup>	4, 50 <sup>a</sup>	5, 56 <sup>a</sup>
Auxina 2	1,00 <sup>a</sup>	2,06 <sup>a</sup>	3, 11 <sup>a</sup>	4, 34 <sup>a</sup>	5, 22 <sup>a</sup>
Auxina 3	0, 78 <sup>a</sup>	1, 61 <sup>a</sup>	2, 95 <sup>a</sup>	4, 22 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>
Giberelina 1	0, 83 <sup>a</sup>	1, 22 <sup>a</sup>	2, 17 <sup>a</sup>	3, 33 <sup>a</sup>	4,06 <sup>a</sup>
Giberelina 2	1,00 <sup>a</sup>	1, 94 <sup>a</sup>	3, 17 <sup>a</sup>	4, 22 <sup>a</sup>	4, 67 <sup>a</sup>
Giberelina 3	0, 95 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>	2, 72 <sup>a</sup>	3, 61 <sup>a</sup>	4, 55 <sup>a</sup>
Testigo	1, 33 <sup>a</sup>	2, 56 <sup>a</sup>	3, 33 <sup>a</sup>	3, 94 <sup>a</sup>	4, 67 <sup>a</sup>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>44,97%</b>	<b>27,54%</b>	<b>15,94%</b>	<b>13,09%</b>	<b>11,01%</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La emisión foliar de las plántulas de plátano (figura 4) tiene una media de una hoja cada 15 días, empezando desde una hoja y terminar aproximadamente en las cinco hojas; la respuesta de esta variable al uso de reguladores de crecimiento es similar a la reportada por Waldo y Agudelo (2021) en el que los niveles de estimuladores de crecimiento no influyeron en el promedio de la emisión de hojas de la *Musa paradisiaca*, por lo que se puede determinar que la producción de hojas en el plátano no están relacionadas con la aplicación de las fitohormonas de tipo sintética.

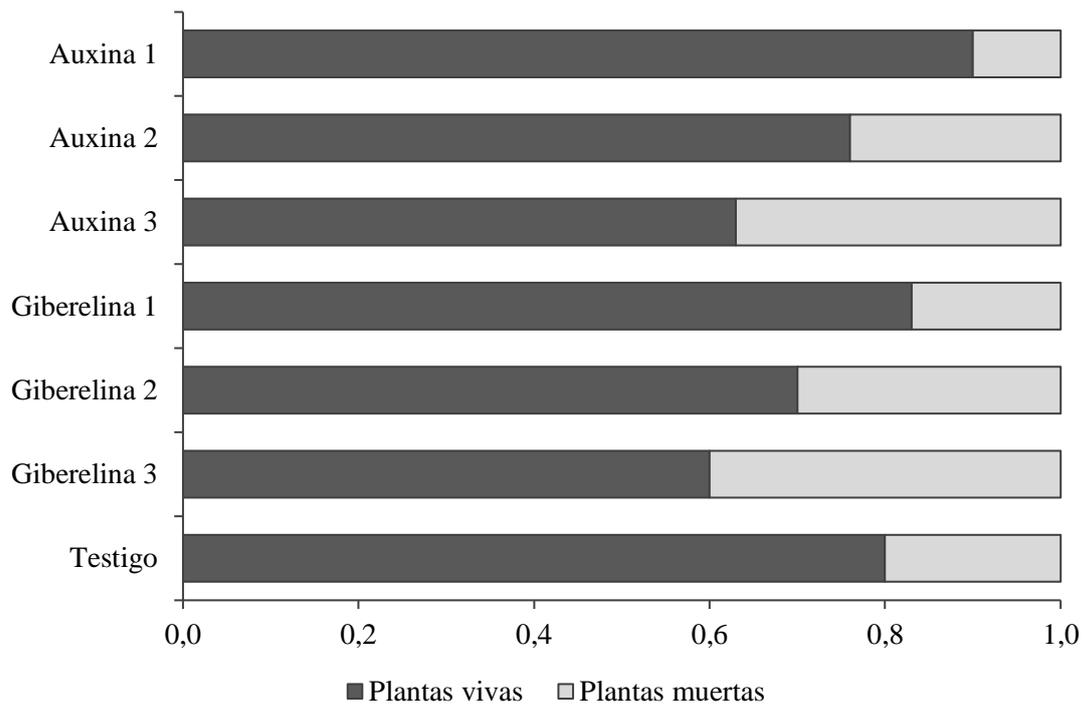


*Figura 4.* Número de hojas promedio de los hijuelos bajo la aplicación de estimuladores de crecimiento en condiciones de cámara térmica.

### 3.4 Porcentaje de supervivencia

En la figura 5 se puede observar que los cormos tratados con auxinas a  $1 \text{ ml L}^{-1}$  mantienen el porcentaje más alto de supervivencia (90%), seguido del tratamiento con aplicación de giberelina con  $1 \text{ ml L}^{-1}$  (83%), el porcentaje más bajo en el experimento es con el uso de giberelina con  $3 \text{ ml L}^{-1}$  (60%) en el cual la mitad de las plantas murieron al finalizar el experimento; esto muestra que al incrementar las dosis de fitohormonas no se garantiza la cantidad de plántulas que sobreviven.

En condiciones similares de multiplicación los métodos alternativos en la propagación y multiplicación de colinos del plátano o las musáceas alcanzan un porcentaje de supervivencia del 90%, siendo que apenas un 10% de las plantas en temprana edad no alcanzar a germinar de manera efectiva, estos valores se reportan en cormos multiplicados en cama enraizadora, donde el ambiente se trata de controlar al máximo, en especial contra las plagas y enfermedades, y los cormos utilizados provienen de plantas madre con excelentes condiciones (Coto, 2009).



*Figura 5.* Porcentaje de plantas vivas y muertas en la propagación del plátano de exportación bajo el efecto de estimuladores del crecimiento sintéticos en condición de cámara térmica.

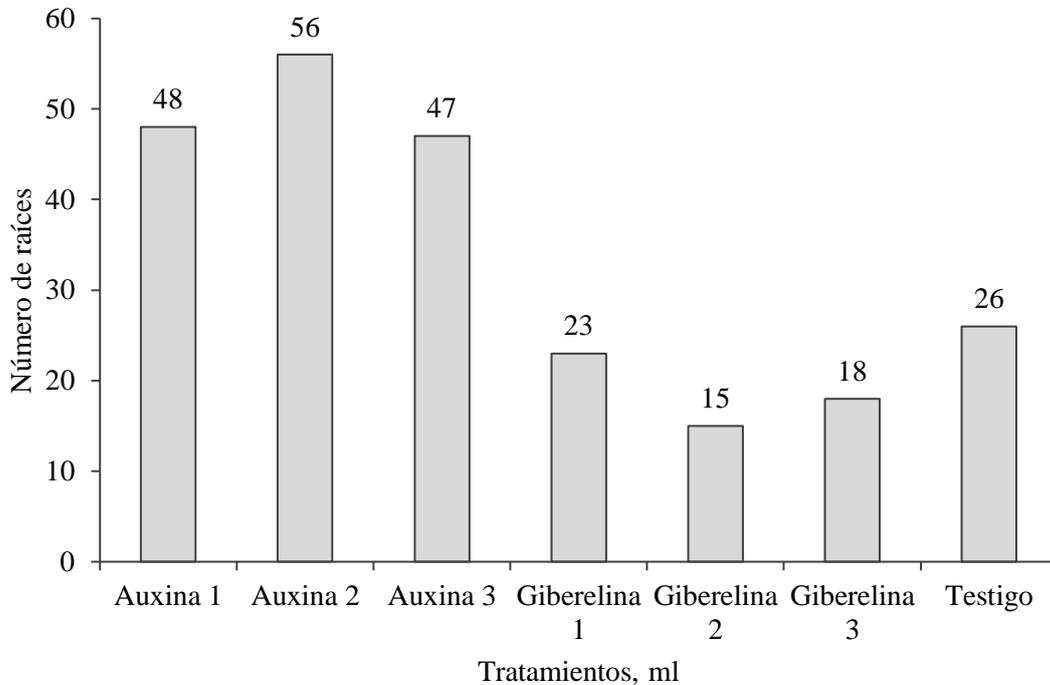
En una investigación desarrollada por Aguirre (2015) en el que aplico diversas técnicas de propagación de plántulas de plátano, buscando una alta homogeneidad del material utilizado con los mayores estándares de sanidad y eficiencia productiva, en los resultados se reportaron valores del 83% de sobrevivencia de los colines con la técnica de reproducción acelerada de semilla, mientras que los cormos inducidos a la reproducción de colines en cámara térmicas tuvieron en promedio un porcentaje del 91% de supervivencia, siendo este el tratamiento con mejor respuesta en esta variables.

### 3.5 Número de raíces

De forma general (figura 6) se puede determinar que los tratamientos en los cuales se aplicó auxinas beneficio en mayor medida a la formación de raíces, en comparación con los tratamientos con giberelinas; el tratamiento 2 con el uso de auxina con  $2 \text{ ml L}^{-1}$  tuvo el mayor promedio de raíces por plantas, mientras que el tratamiento con aplicación de giberelinas con  $2 \text{ ml L}^{-1}$  presentó la menor cantidad de raíces en promedio; el testigo sin la aplicación de fitohormonas tuvo mayor cantidad de raíces en comparación con los tratamientos con giberelinas.

Al igual que en las variables otras variables estudiadas, la respuesta más alta en las plántulas propagadas de plátano de exportación no siempre se dan con el aumento de las dosis de los

estimuladores de crecimiento sintético, ya que al igual como en el experimento de Salvador y col., (2021) en donde evaluó la acción de distintos niveles de estimulantes radiculares, determinó que la mejor respuesta en cuando formación y desarrollo radicular ocurre en dosis medias de aplicación, siendo menor en el caso más elevado de aplicación y en las dosis más bajas suministrada.



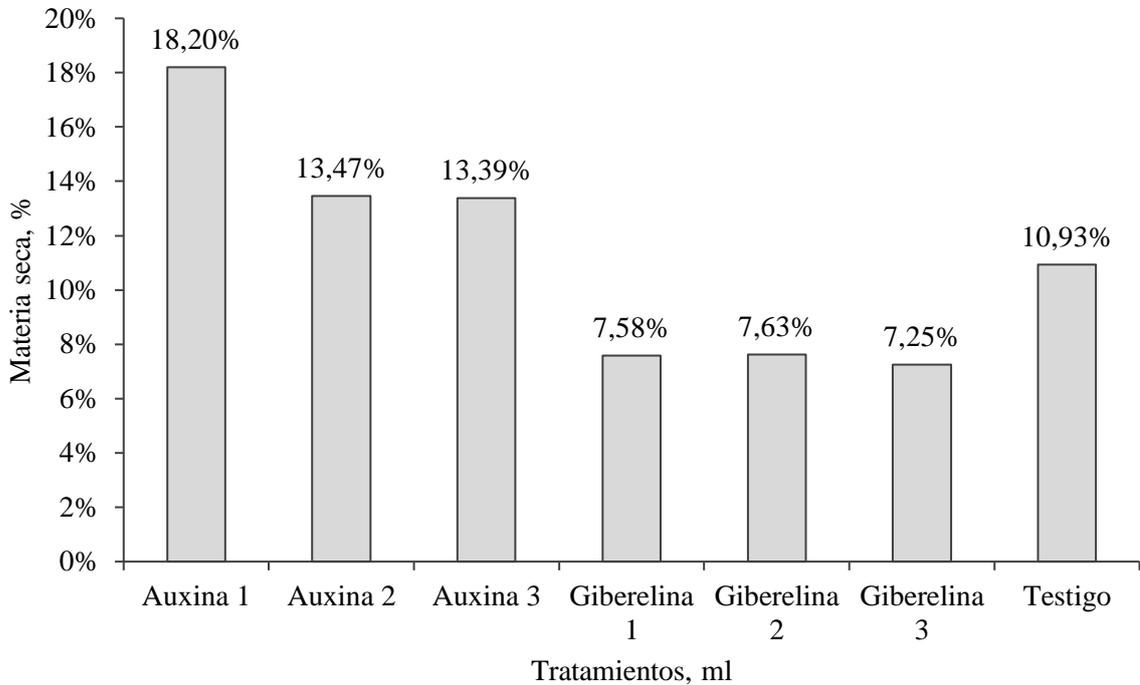
*Figura 6.* Número de raíces de plántulas en la propagación del plátano de exportación bajo el efecto de estimuladores del crecimiento sintéticos en condición de cámara térmica.

En otros experimentos similares en el cual se evaluaron el peso y la longitud de las raíces. Los resultados estadísticos determinaron que no existe diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, estos resultados fueron tomados después de las 8 hasta las 10 semanas de establecidas las plántulas en campo, sin embargo, el proceso de multiplicación de los colinos ocurrió bajo cámara térmica (Waldo y Agudelo, 2021).

### 3.6 Materia seca

La materia seca se define como el contenido sólido de los vegetales o partes de la planta, luego de eliminar la humedad o agua contenida en estos; para el cálculo de este parámetro se toma el peso en fresco de las plántulas para luego secarla totalmente quitándole la humedad para volver a pesar los componentes sólidos, por último se calcula entre los dos pesos para obtener el porcentaje (Martínez y Cayón, 2011); el tratamiento de mayor porcentaje de materia seca fue el compuesto con auxinas en dosis de  $1 \text{ ml L}^{-1}$ , mientras que el tratamiento con giberelina a 3

ml L<sup>-1</sup>. Las plántulas que tuvieron auxinas tuvieron los porcentajes más elevados en esta variables, mientras que los sometidos a giberelinas presentaron valores inferiores inclusive por debajo del testigo.



*Figura 7.* Porcentaje de materia seca de las plántulas en la propagación del plátano de exportación bajo el efecto de estimuladores del crecimiento sintéticos en condición de cámara térmica.

El uso de productos puede influir en el resultado final del peso de las plantas de plátano, esto lo demostró Ozambela (2017) en su investigación en el que utilizó varios productos sintéticos para la estimulación del crecimiento radicular, la respuesta fue altamente significativa entre los tratamientos, las dosis también afectan el peso final ya que al igual que en los resultados obtenidos en la investigación Salvador y Villegas (2021) en el que el tratamiento con dosis media de estimulante de crecimiento las plantas alcanzaron el peso más alto entre los tratamientos.

### 3.7 Análisis de costos

En los datos obtenidos referente a los costos de inversión de los tratamientos, los que contaron con auxinas tuvieron los valores más altos debido al precio de venta que tiene el productos con esta hormona, a diferencia de los valores obtenido con la giberelina los cuales son más económicos en relación a las auxinas; sin embargo los costos más elevados en el experimento

corresponden a los de mano de obra, elaboración del sustrato y demás materiales utilizados para la multiplicación de los colinos.

*Tabla 8.* Análisis de los costos de inversión en la aplicación de fitohormonas reguladoras del crecimiento en el desarrollo de los colinos de plátano.

<b>Tratamientos</b>	<b>Costos variables</b>	<b>Costo de producción</b>	<b>Relación Beneficio /costo</b>
Auxina 1	\$ 1,23	\$ 0,12	\$ 4,17
Auxina 2	\$ 2,67	\$ 0,26	\$ 1,29
Auxina 3	\$ 4,10	\$ 0,41	\$ 1,22
Giberelina 1	\$ 0,29	\$ 0,03	\$ 16,67
Giberelina 2	\$ 0,63	\$ 0,06	\$ 8,33
Giberelina 3	\$ 0,97	\$ 0,10	\$ 5,00
Testigo	\$ 0,21	\$ 0,02	\$ 25,00

El tratamiento 3 con 3 ml de auxina a los colinos es el de más alto valor entre los ensayos aplicados en el experimento y obtiene una relación beneficio/costo de \$ 1,22 por cada dólar invertido, mientras que el tratamiento con 1 ml de giberelina fue del de menos costo de inversión y el más alto en la Relación B/C con ingresos de \$16,67 por dólar invertido, esto considerando los tratamientos con aplicación de hormonas vegetales; el testigo representa los costos más bajos de inversión y la relación B/C más elevada, sin embargo, la calidad y la producción en plántulas obtenidas no justifica su implementación.

## CONCLUSIONES

La aplicación de estimuladores de crecimientos sintéticos tiene un efecto positivo sobre las plantas de plátano en relación con la producción de raíces, perímetro de pseudotallo, y porcentaje de supervivencia y materia seca, en especial con el uso de auxina; la altura de planta y número de hojas no presentan diferencias al uso de los dos estimulantes sintéticos.

Las dosis aplicadas también mostraron diferencias en las variables mencionadas anteriormente, la tendencia de los resultados determina que la dosis baja y media de auxinas aplicadas a las plantas tienen la mejor respuesta en la mayoría de los parámetros evaluados en los colinos de plátano para exportación.

El análisis de la relación beneficio/costo de los tratamientos determina que los conformados por giberelinas en todos los niveles son los más económicos y los de más alto retorno de ingresos debido al precio de esta hormona, especialmente en la dosis con 1 mL donde la relación B/C fue más alta entre los tratamientos.

## RECOMENDACIONES

Entre las opciones para la estimulación de crecimiento sintéticos las auxinas son la mejor opción ya que incrementan el diámetro de pseudotallo, porcentaje de materia seca, supervivencia y producción de raíces de las plantas de plátano.

En relación con los niveles de aplicación se sugiere suministrar la dosis de  $1 \text{ mL L}^{-1}$  la cual presenta la mejor respuesta en perímetro de pseudotallo, porcentaje de supervivencia y materia seca, mientras que para un mejor desarrollo radicular se recomienda aplicar auxina en dosis de  $2 \text{ mL L}^{-1}$ .

Considerando la poca diferencia de los costos de los tratamientos y las demás variables analizadas, más la relación beneficio/costo de cada hormona con sus respectivas dosis, la mejor opción para implementar en la multiplicación de plántulas de plátano es la de 1 ml de giberelina.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M., Reyes, G., y Acuña, M. (2004). *Métodos alternativos de propagación de semilla agámica de plátano (Musa sp)*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua: Dirección de Investigación, Extensión y Postgrado.
- Aguirre, B. (2015). *Método alternativo de propagación de plántulas de plátano con alta homogeneidad sanidad y potencial productivo*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Alcantara, J., Acero, J., Alcántara, J., y Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32), 109-129. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Álvarez, E., Ceballos, G., Gañán, L., Rodríguez, D., González, S., y Pantoja, A. (2013). *Producción de material de 'siembra' limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano* (Vol. (Publicación CIAT No. 384)). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Álvarez, E., León, S., Sánchez, M., y Cusme, B. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of Business and entrepreneurial studies*, 4(2), 86-95.
- Anido, J., y Cartay, R. (2010). *El plátano en la gastronomía venezolana (Musa paradisiaca/Harton cv)* (Primera ed.). (J. Anido, Ed.) Venezuela: Universidad de Los Andes.
- Araque, B. (2020). *Seguimiento de labores en el cultivo de plátano (Musa AAB Simonds) en la empresa agropecuaria Los Robles en San Juan de Urabá*. Universidad de Córdoba. Montería: Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Ayuque, L., y Inga, J. (2019). *Aplicación de bioregulador en la propagación vegetativa en variedades de banano (Musa paradisiaca L.) en cámara térmica – Distrito de San Ramón - Chanchamayo*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. La Merced - Perú: Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Borjas, R., Julca, A., y Alvarado, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150-164.

- Cardona, L., Betancourt, M., Rodríguez, G., Patiño, A., Palacios, S., García, B., y Bedoya, C. (2017). *Cultivo de plátano: Prácticas y recomendaciones de manejo integrado*. Santa Rosa de Cabal, Colombia: UNISARC.
- Carrión, J. (2020). *Multiplificación in vitro de plátano*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Zamorano, Honduras: Carrera de Ingeniería Agronómica.
- Coto, J. (2009). *Guía para la multiplicación rápida de cormos de plátano y banano* (Primera ed.). La Lima, Cortés, Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.
- Díaz, I. (2019). Plátano: Una fruta de sabios que rodea el mundo y encuentra en Canarias su mejor sabor. *Distribución y Consumo*, 1, 59-71.
- Díaz, M. (2017). *Manual práctico para el cultivo sustentable del plátano*. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico: Colegio de Ciencias Agrícolas.
- FAO. (5 de diciembre de 2021). *Cultivos y productos de ganadería; Plátanos y otros*. Obtenido de fao.org: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Héctor, E., Torres, A., Algae, S., Cabañas, M., y López, A. (2007). Propagación in vitro del plátano macho (*Musa sp.* AAB) clón sobrino con los bioestimulantes cubanos BB-6 y Bioestan como sustitutos de los reguladores del crecimiento. *Cultivos Tropicales*, 28(1), 13-18.
- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- INEC. (2020). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa*. Instituto Nacional de Estadística y Censo. Quito: INEC.
- Marín, J., y Gutiérrez, M. (2009). *Multiplificación acelerada de Musa spp., con diferentes sustratos, Siuna*. Universidad de las regiones autónomas de la Costa. Siuna, Nicaragua: Facultad de Ingeniería Agroforestal.
- Martínez, A., & Cayón, D. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (*Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6055-6064.

- Martínez, K. (2018). *Identificación de la problemática en la exportación del cultivo de plátano, en el departamento de Rivas, Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua: Facultad de Agronomía.
- Mejía, G. (2018). *Cultivo de plátano (Musa paradisiaca)*. El Salvador: CENTA.
- Moreira, A., y Ponce, T. (2015). *Factibilidad de exportación de plátano barraganete (Musa paradisiaca) hacia el mercado chileno*". Universidad Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Guayaquil: Facultad de Administración.
- Ospina, J., y Rubiano, J. (2019). *Evaluación de bio-estimulantes en la propagación intensiva de semilla plátano Dominico Hartón en almácigo bajo cubierta plástica*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Dosquebradas Risaralda: Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.
- Ozambela, L. (2017). *Efecto de tres enraízantes sintéticos en la producción de hijuelos de plátano (Musa paradisiaca L.) bajo condiciones de la cámara térmica*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú: Facultad de agronomía.
- Rivero, M. (2016). *Características morfológicas de cultivares de musáceas establecidas en la finca experimental "La María"*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Sáez, M. (2016). *Usos de giberelinas de síntesis en la fruticultura chilena*. Universidad de Chile. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Saldívar, P. (2017). *Hortofruticultura*. Universidad Autónoma del Estado de México. México: Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Salvador, M., Ríos, J., Villegas, P., y Pérez, F. (2021). Uso de un enraizante en la propagación vegetativa del plátano (*Musa paradisiaca* L.) clon hartón en condiciones de cámara térmica. *Folia Amazónica: Revista del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana*, 30(1), 27-34.
- Véliz, H., y Bravo, M. (2016). *Estudio de asociatividad basada en economía popular y solidaria para mejorar los ingresos de los pequeños productores de plátano barraganete Recinto la Esperanza, cantón El Carmen-Manabí Zona 4*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Guayaquil: Facultad de Ciencias Sociales y Derecho.

Veobides, H., Guridi, F., y Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102-109. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362018000400015&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000400015&lng=es&tlng=es).

Waldo, A., y Agudelo, D. (2021). *Evaluación de la eficiencia del enraizador Aquaclean Acf-Sr Plus, en la producción de plántulas de plátano (musa paradisiaca l), bajo la metodología de cámara térmica en el distrito de Turbo Antioquia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Turbo - Antioquia: Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y del Medio Ambiente.

**ANEXOS***Anexo 1. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 1.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	109,81	6	18,3	2,18	0,1181	ns
Repetición	5,87	2	2,93	0,35	0,7121	ns
Error	100,75	12	8,4			
Total	216,42	20				
CV%:	21,93					

*Anexo 2. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 2.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	192,07	6	32,01	2,37	0,0956	ns
Repetición	0,65	2	0,33	0,02	0,9761	ns
Error	161,92	12	13,49			
Total	354,64	20				
CV%:	18,14					

*Anexo 3. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 3.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	268,08	6	44,68	2,49	0,0842	ns
Repetición	8,89	2	4,44	0,25	0,7845	ns
Error	215,28	12	17,94			
Total	492,24	20				
CV%:	16,53					

*Anexo 4. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 4.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	322,85	6	53,81	2,77	0,0627	ns
Repetición	11,8	2	5,9	0,3	0,7434	ns
Error	232,95	12	19,41			
Total	567,6	20				
CV%:	14,43					

*Anexo 5. ADEVA de la altura de planta de plátano en la semana 5*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	386,48	6	64,41	3,27	0,0384	*
Repetición	18,49	2	9,24	0,47	0,6368	ns
Error	236,63	12	19,72			
Total	641,59	20				
CV%:	12,56					

*Anexo 6. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 1.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	11,45	6	1,91	3,9	0,0214	*
Repetición	0,72	2	0,36	0,74	0,4978	ns
Error	5,87	12	0,49			
Total	18,04	20				
CV%:	11,17					

*Anexo 7. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 2.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	8,84	6	1,47	1,14	0,3967	ns
Repetición	1,82	2	0,91	0,7	0,5137	ns
Error	15,5	12	1,29			
Total	26,16	20				
CV%:	13,3					

*Anexo 8. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 3.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	16,73	6	2,79	1,29	0,3302	ns
Repetición	0,65	2	0,33	0,15	0,8612	ns
Error	25,85	12	2,15			
Total	43,23	20				
CV%:	13,93					

*Anexo 9. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 4.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	9,42	6	1,57	1,14	0,3984	ns
Repetición	0,33	2	0,17	0,12	0,8872	ns
Error	16,56	12	1,38			
Total	26,32	20				
CV%:	9,63					

*Anexo 10. ADEVA del perímetro de pseudotallo en la semana 5.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	5,98	6	1	0,9	0,5227	ns
Repetición	0,63	2	0,32	0,29	0,7552	ns
Error	13,22	12	1,1			
Total	19,84	20				
CV%:	7,65					

*Anexo 11. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 1.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
-------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------------	--

Tratamientos	0,58	6	0,1	0,49	0,8052	ns
Repetición	0,01	2	0,01	0,03	0,9736	ns
Error	2,39	12	0,2			
Total	2,98	20				
CV%:	44,97					

*Anexo 12. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 2.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3,41	6	0,57	1,97	0,15	ns
Repetición	0,09	2	0,05	0,16	0,8526	ns
Error	3,47	12	0,29			
Total	6,97	20				
CV%:	27,54					

*Anexo 13. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 3.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	2,97	6	0,5	2,22	0,1126	ns
Repetición	0,24	2	0,12	0,54	0,594	ns
Error	2,67	12	0,22			
Total	5,89	20				
CV%:	15,94					

*Anexo 14. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 4.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3,19	6	0,53	1,91	0,1593	ns
Repetición	0,25	2	0,12	0,45	0,65	ns
Error	3,33	12	0,28			
Total	6,76	20				
CV%:	13,09					

*Anexo 15. ADEVA del número de hojas de las plantas de plátano en la semana 5.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	4,32	6	0,72	2,56	0,0785	ns
Repetición	0,24	2	0,12	0,42	0,6654	ns
Error	3,38	12	0,28			
Total	7,93	20				
CV%:	11,01					

*Anexo 16. Construcción de la cámara térmica.*



*Anexo 17. Elaboración del sustrato.*



*Anexo 18. Obtención de las semillas.*



*Anexo 19. Limpieza de los cormos obtenidos en campo.*



*Anexo 20. Desinfección de las semillas.*



*Anexo 21. Siembra de los colinos.*



*Anexo 22. Riego y aplicación de los estimuladores de crecimiento sintéticos.*



*Anexo 23. Desarrollo y crecimiento de las plántulas de plátano.*



