



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE CARRERA: INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÍCOLA**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**INFLUENCIA DE VARIAS TECNOLOGIAS SOBRE LA  
PROPAGACIÓN INTENSIVA DEL PLÁTANO EN CÁMARA TÉRMICA**

**AUTOR:**

**PINARGOTE ZAMBRANO GEMA MARCELA**

**TUTOR:**

**ING. GALO CEDEÑO GARCÍA. M.Sc.**

**CALCETA, NOVIEMBRE 2021**

## DERECHOS DE AUTORÍA

GEMA MARCELA PINARGOTE ZAMBRANO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal, y que he consultado las referencias bibliográficas en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



---

**GEMA MARCELA PINARGOTE ZAMBRANO.**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, M.SC.** Certifica haber tutelado el proyecto de **“INFLUENCIA DE VARIAS TECNOLOGIAS SOBRE LA PROPAGACIÓN INTENSIVA DEL PLÁTANO EN CÁMARA TÉRMICA”**, que ha sido desarrollada por **GEMA MARCELA PINARGOTE ZAMBRANO** previa la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. GALO CEDEÑO GARCÍA. M.Sc.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación “**INFLUENCIA DE VARIAS TECNOLOGIAS SOBRE LA PROPAGACIÓN INTENSIVA DEL PLÁTANO EN CÁMARA TÉRMICA**”, que ha sido propuesto, desarrollado por **GEMA MARCELA PINARGOTE ZAMBRANO**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

ING. FREDDY MESÍAS GALLO. Mg.

**MIEMBRO**

---

ING. ENRIQUE PARRAGA MUÑOZ. M.Sc.

**MIEMBRO**

---

ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY. Mg.

**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por sobre todas las cosas, por los momentos de apuros, tensión, pero sobre todo el a podido conservar mi calma y sembrar en mí la esperanza para culminar este trabajo.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por haberme abierto las puertas para darme una educación superior, de calidad, en la cual a brindado los mejores conocimientos profesionales durante la etapa de estudio.

A mis padres y esposo, por su apoyo incondicional durante toda mi formación académica, la cual permitieron el éxito de esta investigación.

A mi tutor de tesis M.sC. Galo Cedeño por haber abierto la puerta con el tema de investigación, por ser mi guía como tutor y amigo.

A la Directora de la carrera de Ingeniería Agrícola, M.sC. Sofía Velázquez, y los señores Ingenieros Miembros del Tribunal especializado N°1 de la carrera de Ingeniería Agrícola de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por su colaboración, paciencia y predisposición en esta tesis de investigación y a los docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola por contribuir con sus enseñanzas para mi formación como profesional íntegra.

**GEMA MARCELA PINARGOTE ZAMBRANO**

## DEDICATORIA

Con mucho amor a mis padres Tlgo. Cesar Alfredo Pinargote Zambrano y Sra. Gelís María Zambrano Loor, por ser incondicionales, mi motor y caminar conmigo en todo momento. Papá, no me alcanzaría la vida para agradecer todo lo que has inculcado en mí, en lo profesional, personal, le agradezco a DIOS por tenerte a mi lado y sin importar la edad que tenga, siempre te voy a necesitar en mí vida, este triunfo es de ustedes, los amo.

A mi esposo Ing. Germán Parrága Palacios, que con mucha tolerancia y paciencia, ha contribuido en este camino desde que lo conocí, por medio de su esfuerzo, me apoya y motiva a no rendirme. A mi sobrina Dana Sararí por esa gran dosis de amor que todo lo cura. Gracias por tanto y todo, los amo.

Al Lic. Raúl Andrade (+), mi corazón se encuentra agradecido, por ser maestro, amigo y tío incondicional, tus palabras quedaran grabadas por siempre en mi corazón, un beso y abrazo hasta el cielo ¡LO LOGRE!.

A mis hermanos Lcda. Carolina Pinargote e Ing. Juan César Pinargote mis suegros Sr. Ángel Iván Párraga Coveña y Sra. Ana Isabel Palacios Basurto, y a las familia, Pinargote Zambrano, Zambrano Loor, Parrága Palacios que quiero por haberme brindado de una u otra forma su apoyo constante por medio de sus palabras que me animan a seguir adelante.

**GEMA MARCELA PINARGOTE ZAMBRANO**

## CONTENIDO

DERECHOS DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
CONTENIDO .....	vii
CONTENIDO DE TABLAS .....	x
CONTENIDO DE GRÁFICOS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Hipótesis .....	4

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Situación actual de las musáceas .....	5
2.2 Variedades de plátano verde en ecuador.....	6
2.3 Cámara térmica.....	7
2.4 Propagación en musáceas.....	8
2.4.1 Propagación tradicional.....	8
2.4.2. Propagación por división de cormos .....	9
2.5. Técnica de rebrote .....	10
2.5.1. Ventajas de la técnica de rebrote.....	11
2.5.2. Inconvenientes de la técnica de rebrote.....	11
2.7. Micropropagación.....	12
2.12. Efecto de los tipos de luz sobre el desarrollo de las plantas in vitro ...	15
2.13. Principales plagas insectiles y enfermedades transportadas por el material vegetativo de siembra.....	16
2.14. Fortalezas y debilidades del suelo .....	16
2.16. Sustratos en la propagación de musáceas .....	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	19
3.1. Materiales y métodos.....	19
3.3. Material vegetal.....	20
3.4. Factores en estudio.....	21

3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS .....	24
3.6.	VARIABLES RESPUESTA .....	26
3.7.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	27
	CAPÍTULO IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN .....	28
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	38
	BIBLIOGRAFIA.....	39
	ANEXOS .....	45
	Anexo 1. Instalación del experimento.....	46
	1 -a. Elaboración de cámaras térmicas. ....	46
	Anexo 2. Manejo del experimento .....	47
	2 –a. Siembra de cormos y corte del ápice central.....	47
	Anexo 3. Manejo del experimento .....	48
	2 –a. Corte y toma de datos de brotes .....	48
	Anexo 4. Manejo del experimento .....	49
	2 –b corte y toma de datos de brotes .....	49
	Anexo 5. Manejo del experimento .....	50
	2 –hijuelos de plátano enraizados .....	50

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Efecto de varias combinaciones de cámaras térmicas, tamaño de cormos, sustratos y tamaño de inducción de brotes R1 sobre los días a brotación. Bolívar, Manabí, 2019.....	34
---	----

<b>Tabla 2:</b> Efecto de varias combinaciones de cámaras térmicas, tamaño de cormos, sustratos y tamaño de inducción de brotes R1 sobre tasa de multiplicación. Bolívar, Manabí, 2019.....	36
---	----

<b>Tabla 3:</b> Efecto de varias combinaciones de cámaras térmicas, tamaño de cormos, sustratos y tamaño de inducción de brotes R1 sobre número de plántulas m <sup>2</sup> . Bolívar, Manabí, 2019.....	37
--	----

## CONTENIDO DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Análisis regular de medias de Taguchi para la tasa de multiplicación.....	39
---	----

<b>Gráfico 2.</b> Predicción de Taguchi para la tasa de multiplicación.....	40
---	----

<b>Gráfico 3.</b> Análisis regular de medias de Taguchi para número de plantas por m <sup>2</sup> .....	41
---	----

<b>Gráfico 4.</b> Predicción de Taguchi para número de plantas por m <sup>2</sup> .....	41
---	----

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de varias tecnologías sobre la propagación intensiva del plátano en cámara térmica. La investigación se estableció en La Ciudad de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA), de la ESPAM MFL. Como material de propagación se utilizó cormos de plátano de la variedad Dominico. El experimento se desarrolló con un diseño de bloques completos al azar con 11 tratamientos, tres replicas y 33 unidades experimentales. Los tratamientos de propagación fueron combinaciones de ambientes de propagación (cámaras térmicas cubiertas con plástico transparente, plástico negro y plástico transparente + luz en las noches), tamaños de cormos (cormos de entre 500 – 500 g, 1000 – 1500 g, 1500 – 2000 g), sustratos (cascarilla de arroz, cascarilla de arroz con arena de río, cascarilla de arroz con arena de río y humus) y tamaños de brotes R1 para inducir multiyemas (brotes R1 de 5, 10 y 15 cm de altura). Las principales variables registradas fueron tasa de multiplicación de cormos y por m<sup>2</sup> de superficie de cámara térmica. El análisis de datos se hizo con análisis de varianza, la separación de medias con Tukey al 5% de probabilidades de error. La combinación óptima de propagación se obtuvo a través de análisis regular de Taguchi L<sub>9</sub>(3)<sup>4</sup>. Los resultados en base a la predicción de respuesta máxima de Taguchi evidenciaron que la mayor tasa de multiplicación por cormo fue alcanzada con la combinación de plástico negro, cormos de entre 1500 – 2000 g, sustratos compuestos por cascarilla de arroz, arena de río y humus, y tamaños de brotes R1 para la inducción de multiyemas de 15 cm de altura, con lo cual se alcanzó un promedio de 18 plántulas por cormo. La mayor tasa de multiplicación de plántulas por m<sup>2</sup>, fue lograda con la combinación de plástico negro, tamaño de cormos de entre 1000 – 1500 g, sustratos compuestos por cascarilla de arroz y arena de río, y tamaños de brotes R1 para la inducción de multiyemas de 5 cm de altura, con los cual se produjeron 260 plántulas por m<sup>2</sup> de cámara térmica.

**Palabras clave:** Musa, proliferación de plántulas, cámara de crecimiento.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the influence of various technologies on the intensive propagation of plantain in a thermal chamber. The research was established in the Agricultural Research, Innovation and Development City (CIIDEA), at ESPAM MFL. Banana corms of the Dominico variety were used as propagation material. The experiment was developed with a randomized complete block design with 11 treatments, three replicates and 33 experimental units. The propagation treatments were combinations of propagation environments (thermal cameras covered with transparent plastic, black plastic and transparent plastic + light at night), corm sizes (corms between 500 - 500 g, 1000 - 1500 g, 1500 - 2000 g), substrates (rice husk, rice husk with river sand, rice husk with river sand and humus) and R1 shoot sizes to induce multi-buds (R1 shoots 5, 10 and 15 cm high). The main variables recorded were the multiplication rate of corms and per m<sup>2</sup> of thermal camera surface. The data analysis was done with analysis of variance, the separation of means with Tukey at 5% probability of error. The optimal combination of propagation was obtained through regular analysis of Taguchi L<sub>9</sub> (3)<sup>4</sup>. The results based on the Taguchi maximum response prediction showed that the highest multiplication rate per corm was achieved with the combination of black plastic, corms between 1500 - 2000 g, substrates composed of rice husk, river sand and humus, and R1 shoot sizes for the induction of 15 cm high multi-buds, with which an average of 18 seedlings per corm was reached. The highest seedling multiplication rate per m<sup>2</sup> was achieved with the combination of black plastic, corm size between 1000 - 1500 g, substrates composed of rice husk and river sand, and R1 shoot sizes for the induction of multi-buds 5 cm high, with which 260 seedlings were produced per m<sup>2</sup> of thermal chamber. Keywords: Musa, Seedling proliferation, Growth chamber

**Keywords:** Musa, seedling proliferation, growth chamber.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 Planteamiento y formulación del problema

El plátano producido en Ecuador tiene importancia en términos alimentario, social y económico, dado que el 79% de la producción se destina al consumo interno y el 21% a exportación, lo cual genera seguridad alimentaria, empleo para 118.587 personas, y divisas para el país (Paz & Pesantes, 2013; MAG, 2017). Por lo general, los productores seleccionan retoños extraídos directamente de las plantaciones viejas para establecer nuevas plantaciones de plátano. Esto puede provocar la presencia de plagas y enfermedades que reducen la productividad y acortan el ciclo productivo de una nueva plantación (Ngo-Samnack, 2011).

Otra desventaja del método de propagación tradicional, es la reducida tasa de multiplicación por unidad biológica, lo cual se debe a la dominancia apical ejercida por la planta madre (Soto, 2006; Singh et al., 2011). La proliferación de plátano vía reproducción in vitro se presenta siempre la opción más ventajosa, debido a que presenta menor precocidad, alta homogeneidad y garantiza plantas libres de problemas fitosanitarios. Sin embargo, este método de propagación, implica un alto costo que puede limitar la adquisición de plantas por pequeños productores (Hanumantharaya et al., 2009; Mugo et al., 2013).

Ante este escenario, la macropropagación en cámara térmica se ha sugerido como un método alternativo para la propagación de plátano, el mismo que consiste en seleccionar hijuelos provenientes de plantas sanas y productivas, que luego son limpiados, desinfectados para ser colocados en cámaras de propagación previa extirpación del meristemo apical, con la finalidad de inhibir dominancia apical y acelerar la brotación de yemas axilares (Baiyeri & Aba, 2005; Álvarez et al., 2013; Cedeño et al., 2016). La macropropagación es considerado un método de propagación intermedio en cuanto a tasas de multiplicación se refiere, en relación a la propagación tradicional y la proliferación masiva in vitro (Njau et al., 2011).

El uso de cámaras térmicas ha sido sugerido como medio de limpieza fitosanitaria del material de siembra, debido a las altas temperaturas alcanzadas (50 – 70 °C) en su interior que ejercen una termoterapia sobre plagas y patógenos (Rodríguez et al., 2013; Cedeño et al., 2016). Trabajos de investigaciones en este campo sugieren que la termoterapia es eficaz en la inactivación de virus, debido a que estos se degradan a temperaturas por debajo del umbral térmico soportado por el material vegetal usado como explante (Lassois et al., 2012; Panattoni et al., 2013). La temperatura y humedad en el interior de cámaras térmicas induce mayores tasas de proliferación (Álvarez et al., 2013; Dzomeku et al., 2014). En este sentido, Álvarez et al. (2013) determinaron que dentro de cámaras térmicas los cormos producían mayor número de plantas en contraste a los cormos colocados al ambiente.

Para obtener una alta tasa de proliferación en musáceas vía macropropagación, la calidad del sustrato es importante para estimular el crecimiento inicial de brotes y mejorar la calidad de plantas durante la aclimatación en vivero (Baiyeri y Aba, 2005; Álvarez et al., 2013; Adriano et al., 2013). En este sentido, algunos materiales usados como sustratos en la macropropagación de musáceas han sido probados en varias investigaciones, donde la tasa de multiplicación fue variable de acuerdo al tipo de sustrato, así como también de acuerdo al genotipo y el tamaño del material de siembra (Koné et al., 2011; Tchoa et al., 2016; Mensah et al., 2017). Así mismo, se ha sugerido que el tamaño del explante o plántula que se obtiene de los procesos de multiplicación, es determinante para un buen enraizado y crecimiento inicial de las plantas en fase de aclimatación (Sosa et al., 2009; Gabriel et al., 2013).

Ante la situación problemática ya descrita, se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿El ambiente, sustrato, tamaños de cormos y brotes manejados como tecnologías integrales podrían incrementar la tasa de multiplicación del plátano?

## **1.2 Justificación**

Actualmente, la agricultura ha implementado nuevas tecnologías que fomentan al desarrollo productivo de diferentes cultivos, las mismas que son amigables con el medio ambiente, generan ingresos económicos para mejorar la calidad de vida de pequeños agricultores y son fuentes de alimentación para la sociedad.

Bajo condiciones locales, las respuestas de proliferación del plátano en cámara térmica a varios sustratos que se producen en la zona, y el efecto del tamaño de explante obtenido dentro de las cámaras de propagación sobre el enraizamiento y crecimiento de plántulas en fase de aclimatación, aún no han sido plenamente establecido; lo cual sumado a la escasa información generada en torno al tema, a la creciente demanda de plántulas de calidad fisiológica y sanitaria por parte de pequeños productores, que no pueden acceder a la compra de micro plantas, son justificativos de la investigación.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar la influencia de varias tecnologías sobre la propagación intensiva del plátano en cámara térmica

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ❖ Medir el efecto de tres ambientes de propagación sobre la tasa de multiplicación del plátano
- ❖ Determinar el efecto de tres tamaños de cormos y tres tamaños de inducción de hijuelos sobre la tasa de multiplicación del plátano en cámara térmica
- ❖ Determinar la influencia de tres tipos de sustratos sobre la tasa de multiplicación del plátano en cámara térmica
- ❖ Establecer la combinación óptima de ambiente de propagación, tamaño de cormos e hijuelos y sustratos para la propagación intensiva del plátano

## **1.4 Hipótesis**

Al menos una de las combinaciones de las tecnologías probadas incrementara intensivamente la propagación del plátano en cámara térmica

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Situación actual de las musáceas**

El banano y el plátano tienen un valor importante ante la economía para la mayoría de países productores, ya que son fuente de ingresos y fomentan trabajo para familias dependientes de este producto. Además, contribuyen con la seguridad y soberanía alimentaria de países en vía de desarrollo, ya que son alimentos básicos en la dieta diaria de millones de personas (Arias et al., 2004).

Para (Ramos et al., 2016) la mayor parte de la producción mundial del plátano está destinada a suplir el consumo interno de los países productores y sólo una pequeña fracción es comercializada en los mercados internacionales. En el año 2011, se produjeron casi 38 millones de toneladas métricas de plátano en el mundo, de los cuales el 25 % se originó en América Latina.

En Ecuador, el cultivo se encuentra distribuido entre pequeños, medianos y grandes productores, donde el 79% de los mismos son pequeños, cuyas fincas van desde 0.5 a 30 ha y conforman el 25% de la superficie nacional. Los medianos productores por su parte representan el 16%, cuya superficie va desde las 30 a 100 ha, lo cual representa el 36% de la tenencia del cultivo. Finalmente, los grandes productores solo representan el 5% del total, sin embargo, poseen superficies mayores a 100 ha, lo cual significa el 38% de la superficie total bananera del país (MAGAP, 2013) y (PRO-ECUADOR, 2013).

Su consumo es predominantemente en fresco y de comercialización inmediata, presentando características especiales de mercadeo comunes a otros productos perecederos que conforman un sistema complejo de producción y distribución, por cuanto en su proceso intervienen muchos productores, intermediarios y pocos mayoristas, quienes son los encargados de distribuir el producto hacia el consumidor final. El cultivo del plátano se ha constituido en un renglón de gran importancia socioeconómica, desde el punto de vista de seguridad alimentaria y generación de

empleo; también ha pertenecido a la economía campesina donde ha sido utilizado, fundamentalmente en la dieta alimenticia y como un cultivo capitalizador de dicha economía (Agatón et al., 2015).

## **2.2 Variedades de plátano verde en Ecuador**

La planta es una herbácea gigante y perenne, cuya unidad básica de reproducción es el colino que se encuentra en el tallo y cuya porción subterránea llamada cormo produce alrededor de diez colinos más durante su vida productiva (Ruiz & Urueña, 2009).

Además, los autores que la que duración de una plantación de plátano es de 6 a 15 años, dependiendo de las condiciones ambientales y de las prácticas culturales. El cultivo del plátano exige un clima cálido y constante humedad en el aire. Requiere una temperatura media de 26-27 grados centígrados, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas

El Ecuador cuenta con algunas variedades importantes de plátano verde, entre las que se destacan el barraganete, maqueño y dominico. A continuación, se detallan sus principales características, según (Paz & Pesantez, 2013)

### **2.2.1 Barraganete**

- Mayor producción en época de invierno
- Mejores precios en épocas secas.
- Variedad de mayor exportación del Ecuador
- Se exporta a Europa y EEUU
- Largo de la fruta 22 y 30 cm
- Ancho de la fruta 2 a 5 cm
- Dedos 22 a 44 por mano

### **2.2.2. Maqueño**

- Destinado al consumo interno
- Mayor cantidad de dedos por mano
- Largo de la fruta 20 y 25 cm
- Ancho de la fruta 2 a 4 cm
- Aspecto regordete, piel rosada, pulpa pegajosa y dulce
- Utilizada en la industria para elaborar “snack”

### **2.2.3. Dominico**

- Adquirió su nombre por quien lo introdujo a América (Fraile de la orden de Santo Domingo)
- Largo de la fruta 22 a 30 cm
- Ancho de la fruta 2 a 4 cm
- Aproximadamente 23 dedos por mano
- Sabor en crudo muy amargo, requiere cocción para que se torne blando, suave y mantecoso.
- Uso potencial en la gastronomía y sus hojas son aprovechadas en la cocción de platos típicos.

## **2.3 Cámara térmica**

En cámara, se someten los cormos y las yemas inducidas en ellos a un sistema de limpieza que comprende la termoterapia (con temperaturas entre 50 y 70 °C), una humedad relativa entre 30 y 100%, iluminación nocturna y fertirriego (riego de solución nutritiva). La temperatura alta al interior de la cámara térmica acorta el tiempo de brotación de las yemas vegetativas, así como su desarrollo. En menor tiempo (18 días), se obtiene mayor brotación de yemas y más emergencia con temperatura alta que cuando se propaga esta semilla en condiciones ambientales externas (29 días) empleando la misma técnica (FONTAGRO, 2010).

Para (Ceballos et al., 2014), son de vital importancia los siguientes factores.

- Temperatura entre 50 y 60°C.
- Sustrato: Cascarilla de arroz, aserrín de madera.
- Humedad relativa de un 90%
- Acelera brotación de yemas y crecimiento de plántulas.
- Cámara térmica: hasta 90 brotes/m<sup>2</sup> por mes.
- Ambiente externo: 35 brotes/m<sup>2</sup> por mes.

## **2.4 Propagación en musáceas**

Según, (Staver & Lescot, 2010) existen diferentes métodos de propagación en cuanto a la multiplicación de las musáceas, unas tienen requerimientos específicos, en cuanto a la facilidad, manejo de área, evitar contaminantes, etc. Entre ellos puede ser la extracción de pocos hijos de una parcela, a pequeños viveros con cientos de plántulas distribuidas a nivel local, y la propagación *in vitro*. Sin embargo, La obtención de plántulas de plátano es posible mediante varios métodos de multiplicación, siendo la regeneración natural, la micro propagación y la macropropagación los más utilizados (Souza et al., 2006).

El potencial de prolífico del cormo de las musáceas ha impulsado a los investigadores a idear nuevas prácticas y metodologías de propagación con la finalidad de obtener mayores tasas de multiplicación en el menor tiempo posible (Aguas & Martínez, 2003)

### **2.4.1 Propagación tradicional**

(Soto, 2006), (Robinson & Galán, 2011), afirman que la propagación tradicional es el método más utilizado por pequeños productores, y consiste en utilizar hijos de espada, hijos de agua y retoños.

Además, estos autores señalan que la reproducción de las musáceas se realiza mediante propagación vegetativa (cormos, rizomas o hijuelos) existen muchos problemas fitosanitarios como los nematodos fitoparásitos que son limitantes para el normal desarrollo del cultivo. Las principales estrategias de manejo de los nematodos fitoparásitos en musáceas están determinadas por varios factores agronómicos como son: evitar ingresar al campo antes de establecer un cultivo, promover la sanidad y el vigor de las raíces de las plantas, reducir o evitar que penetren a las raíces y cormos, y mantener el material de siembra libre de plagas y enfermedades

#### **2.4.2. Propagación por división de cormos**

De acuerdo a (Infoagro s.f), puede ser aplicada a cormos procedentes de plantas jóvenes o recién cosechadas. Para su aplicación es necesario ubicar e identificar las yemas presentes en el cormo, lo que hace que el sistema sea altamente eficiente. Las principales etapas para su aplicación son las siguientes:

- a) **Selección del material:** se recomienda el uso de cormos aparentemente sanos y vigorosos. El número de plantas a generar dependerá del tamaño del mismo, por lo que los cormos pequeños no son recomendables.
- b) **Limpieza y lavado:** a los cormos seleccionados se les eliminan los restos de tierra, las raíces, aquellas partes que se encuentren afectadas por diversos daños y la parte aérea.
- c) **Desinfección:** se prepara una solución de agua y cloro a razón de 5 mL · L<sup>-1</sup> de agua, en la cual se sumergen los cormos durante tres minutos para su desinfección.
- d) **Exposición de las yemas:** se corta la base de la hoja más externa hasta llegar a la siguiente, quedando expuesta una yema lateral en un punto en forma de "V" formado por la intercepción de las bases de las hojas.

- e) **Corte:** una vez descubiertas todas las yemas posibles en el cormo, se procede a realizar cortes en secciones, tratando en lo posible de dejar en cada sección una yema visible.
- f) **Siembra:** se realiza en canteros previamente preparados o directamente en bolsas de plástico tratando que la yema se encuentre cubierta por tierra o por el sustrato y cercana a la superficie. (Infagros.f)

## 2.5. Técnica de rebrote

Para la (UNA, 2004), este método se lo realiza de la siguiente forma:

Se seleccionan plantas madres que produzcan un número superior a 35 dedos por racimo.

De las plantas escogidas se toman hijos que presenten altura entre 20 y 30 cm y diámetro a la altura del cuello de 5 a 6 cm; luego se cortan con un machete desinfectado con formol al 2% antes de cada corte.

Los rebrotes con su trozo de cormo se deben lavar primero con detergente para garantizar la sanidad de los tejidos a propagar y posteriormente desinfectar con un bactericida-fungicida. La cantidad de solución desinfectante a preparar debe ser el doble del total del volumen que las yemas presenten en el recipiente. Otra alternativa más accesible para los productores es sumergir las yemas en una solución al 2% de cloro comercial. En los dos tratamientos las yemas deberán permanecer en la solución desinfectante durante 5 minutos y posteriormente se ponen a secar al sol durante 1 hora.

El sustrato no debe tener piedras, ni basura, por lo tanto, se recomienda que sea pasado por una zaranda (tamiz), además se debe procurar no extraer sustratos de lugares que se sabe pueden ser fuente de contaminación. Entre los sustratos más

utilizados pueden ser mezclas de suelo franco arenoso con materiales de origen orgánico como gallinaza, granza de arroz, compost, etc.

La siembra se realiza en bolsas de polietileno de 8 x 12 pulgadas y debe realizarse en horas tempranas de la mañana o bien entrada la tarde para evitar afectaciones a las yemas en horas de mayor temperatura ambiental. Se deposita una yema o brote por bolsa a una profundidad de 1 cm de la superficie del sustrato en las que permanecerán por un período de 2-3 meses antes de ser trasladadas al campo.

Se deben aplicar 2 riegos, uno por la mañana y el otro por la tarde. Ya sea manual con regadera o manguera procurando evitar un riego excesivo o deficiente.

Se recomienda realizar dos fertilizaciones, la primera a los 30 días y la segunda a los 45 días después de siembra (dds). En ambos casos se utiliza el fertilizante completo (15- 15-15) que debe diluirse en agua a razón de 5 g (0.17 onza) en 3 litros de agua. Esta actividad se realiza en el momento que las plantas han alcanzado una altura aproximada de 30 cm y la presencia de dos hojas; lo que favorece la asimilación del fertilizante foliar.

### **2.5.1. Ventajas de la técnica de rebrote**

- Es una técnica barata en la cual no se invierte en infraestructura.
- Reduce el tiempo de los cultivos en el campo.
- Fácil manejo de un mayor número de plantas en bolsas.
- Requiere poca mano de obra (UNA, 2004).

### **2.5.2. Inconvenientes de la técnica de rebrote**

- Menor cantidad de hijos-semilla por planta.
- Debido a la manipulación que se practica, no se garantiza el 100% de la sanidad de las plantas obtenidas (UNA, 2004).

## 2.6. Uso de cama enraizadora

Según (FAO, 2014) estimulan el enraizamiento de los cormos y el desarrollo del brote vegetativo; además, se evita la pérdida de bolsas y sustrato de siembra, ya que aún en las mejores condiciones de manejo de los cormos, se estima que un 10 por ciento de ellos no germinan.

- La cama enraizadora se construye con arena y aserrín en una relación de 1:1. Estos materiales permiten el fácil manejo y cosechar la plántula sin romper sus raíces.
- El tamaño de la cama enraizadora es de 1 m a 1,2 m de ancho; el largo del mismo depende de la cantidad del material de siembra y la altura debe ser de 30 cm.
- Se estima que se pueden colocar 120-150 cormos por metro cuadrado.
- Esta cama enraizadora no requiere sombra, pero sí un buen suministro de agua.
- El sustrato debe mantenerse húmedo pero no saturado.
- El tiempo que los cormos permanecen en la cama enraizadora es de dos semanas y antes de que empiecen a emitir hojas verdaderas se arrancan cuidadosamente para colocarlos en bolsas plásticas

## 2.7. Micropropagación

La biotecnología más generalizadas del cultivo in vitro, consiste en la propagación de plantas en un ambiente artificial controlado con el empleo de un medio de cultivo). Este procedimiento implica que cada una de las plantas propagadas posea las características similares a las de la planta donante del explante. Los primeros trabajos sobre multiplicación in vitro de bananos fueron realizados en China y Taiwán en la década de 1970, inicialmente limitados a unos pocos cultivares de Musa AAA, fundamentalmente de los tipos Cavendish (Galan et al., 2018).

## **2.8. Macropropagación**

La macro-propagación es una técnica eficaz y barata en la producción de plántulas de banano con buena calidad fisiológica y sanitaria, donde pueden emplearse cormos enteros o fragmentados que contengan yemas laterales con meristemos en diferentes etapas de desarrollo (Tenkouano et al, 2006)

## **2.9. Propagación por ablación (ruptura o eliminación) de la yema central**

La "ablación de la yema central" consiste en eliminar la yema apical con el fin de "romper" la dominancia apical para inducir la activación de las yemas laterales y producir mayor número de hijos por cormo, tanto en plantas cosechadas como en plantas jóvenes, que pueden permanecer en el campo o llevadas a vivero (sometidas a una selección previa) para mejor control.

El número de hijos generados dependerá de varios factores como el tipo de clon, condiciones fisiológicas de la planta, condiciones climáticas, entre otras.

Tanto la división de cormos como la ablación son consideradas herramientas útiles para la propagación masiva, no requieren de equipos especiales o insumos que puedan llegar a incrementar los costos, y es de fácil manejo por el productor. (Martínez et al., 2004).

## **2.10. Cámara de alta humedad para PIBS**

Las técnicas de multiplicación que utilizan una cámara de alta humedad incluyen las PIBS (platas cultivadas a partir de yemas secundarias). La calidad sanitaria del sustrato y las condiciones de humedad, luz, temperatura y drenaje en la cámara son críticas para asegurar la calidad del material de producción. El alto rendimiento de plantas por parte de un simple chupón, hace a ésta una técnica útil para la multiplicación local de clones superiores o nuevos. Cuando aparecen virus, es necesario un examen inicial de los chupones fundadores (FAO, 2007).

Según esta institución, las siguientes prácticas contribuyen a PIBS de alta calidad:

- Llenar la cama de brotado dentro de la cámara con aserrín limpio, no tóxico, libre de tierra y cualquier residuo de plantas.
- Colocar la cámara a por lo menos 1 km de cualquier plantación de banano para evitar cualquier contaminación accidental por escurrimiento u otro método de transmisión.
- Humedecer los substratos con suficiente agua limpia (no contaminada con patógenos del banano) para mantener alta humedad dentro de la cámara.
- Mantener la temperatura entre 25 y 40°C (hasta 50°C en el momento más cálido del día). Se recomienda sombrear la cámara dado que la cámara no debería estar bajo luz solar directa.
- Extraiga solamente los renuevos vigorosos, sanos, con características foliares normales para ser plantados en bolsas de vivero. Los chupones fuera de tipo o los chupones de variedades no deseadas deberían ser eliminados de las cámaras. Los chupones que no producen renuevos que producen muy pocos renuevos también deberían ser eliminados y reemplazados.

## **2.11. Importancia de la luz en las plantas**

La luz es la fuente primaria de energía para la vida en la tierra, las plantas son organismos autótrofos fotosintéticos que son capaces de absorber y utilizar la energía luminosa o cualquier fuente de energía lumínica visible (lámparas incandescentes o fluorescentes), lo cual estas son convertidas en electroquímicas produciendo las proteínas necesarias para elaborar sus propios alimentos, por lo tanto, no hay nada específico y misterioso en que el sol las haga crecer; el proceso de la fotosíntesis en las plantas es el encargado de llevar este proceso (De Las Rivas, 2000).

Al respecto, este autor señala que la radiación luminosa ocupa una pequeña franja de espectro que va desde 400 a 700 nm y se sitúan entre la radiación ultra violeta e infra

roja y constituye la llamada radiación fotosintética activa, en donde esta energía es considerada una constante y se suele expresar en unidad de tiempo por unidad de área perpendicular. También se puede comprobar la fuerza de la luz en donde un día de sol proporciona 200  $\mu\text{mol}$  de fotones por metro cuadrado por segundo, lo cual en potencia es 1000 w.

## **2.12. Efecto de los tipos de luz sobre el desarrollo de las plantas in vitro**

En lo referente al efecto de los tipos de luz sobre el desarrollo de las plantas in vitro (De Las Rivas, (2000) señala que a intensidad luminosa puede tener un efecto pronunciado sobre el desarrollo foliar modificando características tales como el espesor de las hojas, la diferenciación del mesofilo, la división celular o el desarrollo de los estomas.

En este contexto, asevera que la mayor parte de la producción in vitro de Musa se lleva actualmente a cabo de forma convencional bajo condiciones prácticamente universales de iluminación artificial en cámaras de cultivo que distan mucho del entorno natural para estas especies. Como norma generalizada, se han venido empleando tubos fluorescentes de luz blanca fría para proporcionar radiaciones lumínicas del orden de 50  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  con fotoperíodos que varían entre 12 y 16 horas de luz.

### **2.12.1. Luz artificial led**

Aunque la luz solar, presente un bajo rendimiento con el proceso de la fotosíntesis de algunas plantas, presenta un comportamiento ondulatorio interesante para su recreación con iluminación artificial LED. Para ello, es necesario identificar características esenciales, con que debe contar el sistema de iluminación, para estimular positivamente a las plantas. Una de esas características con que debe contar la fuente de luz es la longitud de onda. Como se mencionó anteriormente, las longitudes de ondas efectivas para el proceso de la fotosíntesis están entre 400 y 500 nm y entre 600 y 700 nm, longitudes de onda que estimulan la germinación,

crecimiento vegetativo, desarrollo y floración de las plantas por medio sus pigmentos foto sensitivos (Ramos,2015).

### **2.13. Principales plagas insectiles y enfermedades transportadas por el material vegetativo de siembra**

Unas diez plagas y enfermedades pueden trasladarse de plantaciones viejas donde están presentes a plantaciones nuevas recién sembradas en cormos y otros materiales de siembra (Staver & Lescot, 2010), además, indica esta empresa, que estas plagas y enfermedades pueden ser agrupadas en categorías dependiendo de qué tan fácil son manejadas por los productores o por otros proveedores de servicios a la producción, como a continuación se describe.

- a) **Los nematodos y picudos de las musáceas:** estas plagas muy frecuentes pueden ser fácilmente manejadas por los productores y con poco riesgo.
- b) **Las marchiteces bacteriana o fungosa y el virus del rayado (BSV) del plátano (AAB):** este grupo de enfermedades requiere un manejo especial en la finca, y puede acarrear algunos riesgos.
- c) **El virus “bunchy top”, virus del rayado en el banano AAA y otros virus en musáceas:** estas enfermedades pueden ser controladas solamente por técnicas de propagación fuera de la finca.

### **2.14. Fortalezas y debilidades del suelo**

El Ecuador presenta importantes fortalezas en cuanto a su ubicación geográfica, biodiversidad vegetal y animal, pese a ello también cuenta con serias limitaciones que de un modo u otro afectan a los más pobres y entre ellos a los pequeños campesinos, A continuación algunas descripciones de estos elementos, de acuerdo a (Paz & Pesantez, 2013).

Inundaciones, especialmente la zona localizada en la cuenca baja del Río Guayas.

Desertización, que es la degradación de recursos naturales en zonas áridas, muy secas.

Sequía por déficit hídrico, en Ecuador no existen estudios que identifiquen con exactitud las áreas susceptibles a sequias.

Problemas sísmicos, resultado de la subducción, lo que ha dado origen a toda una serie de estructuras tectónicas que caracterizan la cordillera de los Andes.

Movimientos en masa que incluyen los fenómenos de deslizamientos, derrumbes, solifluxión, deslaves y asentamientos, los mismos que se inician por sismos y lluvias torrenciales y prolongadas.

### **2.15. Sustratos con potencial de uso**

Existe una amplia diversidad de sustratos que podrían ser utilizados para el anclaje y enraizamiento de las plantas de plátano crecidas bajo este sistema, entre las características a tener en cuenta para la escogencia del sustrato a utilizar se debe considerar la asepsia, fracción orgánica para nutrición de las plantas, concentración toxica de sales solubles y carga microbiana del sustrato, teniendo en cuenta estos requerimientos se recomienda la mezcla de sustratos inertes como turba, cascarilla de arroz, viruta y arena con diferentes fuentes de compost en diferentes proporciones para asegurar un desarrollo óptimo de las plantas; la mezcla de sustratos inertes con fracciones orgánicas (compost) permiten la retención de humedad y una adecuada aireación del sistema radical (Rodríguez et al., 2013).

### **2.16. Sustratos en la propagación de musáceas**

La fertilización mineral es necesaria para suplir las necesidades nutricionales del cultivo; sin embargo, actualmente las formulaciones que existen en el mercado

requieren el uso de grandes cantidades debido a las altas tasas de pérdidas que se presentan, generando esta situación un problema ambiental para el agroecosistema.

Un complemento de la fertilización mineral son los abonos orgánicos, que tienen altos contenidos de materia orgánica y cantidades significativas de elementos nutritivos para las plantas. Dependiendo del nivel aplicado al suelo, originan un aumento en las capacidades de intercambio iónico, de retención de humedad y en el pH (5). En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración del agua, la estructura y la conductividad hidráulica, disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación. Uno de los abonos orgánicos que en la actualidad es empleado en los agroecosistemas es el “Bocashi”, palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”. El mismo ha sido utilizado por los agricultores como mejorador del suelo, ya que aumenta la diversidad microbiana, mejora sus condiciones físicas y químicas, así como lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos (Ramos et al., 2009).

Por otro lado, la materia orgánica procesada (compost) es una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica. Independientemente de que la composición química y su efecto en el suelo varía según procedencia, edad, manejo y contenido de humedad, su influencia sobre la fertilidad de los suelos, el crecimiento de las plantas y el control de microorganismos productores de enfermedades en las plantas ha sido ampliamente demostrada (Adriano et al., 2013).

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. Materiales y métodos

#### 3.1.1. UBICACIÓN

El presente trabajo se realizó desde agosto de 2019 a julio de 2020 en la unidad de docencia, investigación y vinculación investigación de la Escuela Superior politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” en el área de producción, situada a 00°49’23” latitud Sur y 80°11’01” longitud oeste, a 15 msnm.

### 3.2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS.

#### 3.2.1. Clima

**Cuadro 2.1.** Condiciones climáticas.

---

<b>Condición anual</b>	
Precipitación media anual	777,3 mm
Temperatura media anual	26 °C
Humedad relativa anual	82%
Heliofanía anual	925,2 (horas/sol)
Evaporación media anual	1269,6 mm
Velocidad del viento	1,7 m

---

**Fuente:** Estación meteorológica de la Espam MFL.<sup>1</sup>

### 3.2.2. Edáficas

**Cuadro 2.2.** Condiciones edáficas.

<b>Condiciones edáficas</b>	
Topografía	Plana
Textura	Franco
Ph	5.6 (ligeramente acido)
Materia Orgánica	3,8 (Medio)
N	26 ppm (Medio)
P	28 ppm (Alto)
K	0,61 meq/1000ml (Alto)
Mg	1,1 meq/1000ml

**Fuente:** Estación meteorológica de la Espam MFL.<sup>2</sup>

### 3.3. Material vegetal

Como material vegetal se utilizó cormos de plátano cv. Dominico que fueron extraídos de una plantación comercial en buen estado agronómico y sanitario.

### 3.4. Factores en estudio

Se evaluó el efecto de varias tecnologías sobre la propagación intensiva del plátano en cámara térmica con la metodología del Diseño Ortogonal  $L_9(3)^4$  de Taguchi.

Factores en estudio		Niveles en estudio		
Nombre	Código	1	2	3
Ambiente de propagación	A	Plástico transparente	Plástico negro	Plástico transparente + luz en la noche
Tamaño de cormo	B	500 – 1000 g	1000 – 1500 g	1500 – 2000 g
Sustratos	C	Cascarilla de arroz	Cascarilla de arroz + arena de río	Cascarilla de arroz + arena de río + humus
Tamaño de brotes $R_1$ para inducir multiyemas	D	5 cm	10 cm	15 cm

Diseño ortogonal  $L_9(3)^4$  según los factores que se evaluarán

Diseño de los tratamientos según los principios matemáticos de la ortogonalidad.

Tratamientos	Factores			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

## Descripción de los tratamientos en estudio

<b>Tratamientos</b>	<b>Código</b>	<b>Combinaciones</b>
1	<b>A1B1C1D1</b>	Plástico transparente + corno de 500 - 1000 g + Cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 5 cm
2	<b>A1B2C2D2</b>	Plástico transparente + corno de 1000 - 1500 g + mezcla de cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 10 cm
3	<b>A1B3C3D3</b>	Plástico transparente + corno de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 15 cm
4	<b>A2B1C2D3</b>	Plástico negro + corno de 500 - 1000 g + cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 15 cm
5	<b>A2B2C3D1</b>	Plástico negro + corno de 1000 - 1500 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 5 cm
6	<b>A2B3C1D2</b>	Plástico negro + corno de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 10 cm
7	<b>A3B1C3D2</b>	Plástico transparente con luz por las noches + corno de 500 - 1000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 10 cm
8	<b>A3B2C1D3</b>	Plástico transparente con luz por las noches + corno de 1000 - 1500 g + cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 15 cm
9	<b>A3B3C2D1</b>	Plástico transparente con luz por las noches + cormos de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 5 cm
10	<b>Testigo 1</b>	Con plástico transparente, con suelo de capa arable, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1
11	<b>Testigo 2</b>	Sin plástico transparente, con suelo de capa arable, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el ensayo se utilizó el diseño de Bloques completos al azar con 11 tratamientos, 3 repeticiones, y 33 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de cinco cormos. El análisis de datos consistió de dos fases:

En la primera fase los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyeron los 11 tratamientos. A continuación, se muestra el modelo matemático del diseño experimental y el esquema del ANOVA.

El modelo matemático es el que sigue:  $Y_{ij} = \mu + T + \beta + e_{ij}$

#### Donde

$Y_{ij}$  = es la  $j$  ésima parcela dentro del  $i$  ésimo tratamiento.

$\mu$  = es la media general.

$T_i$  = efecto debido al  $i$  ésimo tratamiento.

$B_j$  = efecto del  $j$  ésimo bloque

$E_{ij}$  = error experimental asociado al  $j$  ésimo bloque del  $i$  ésimo tratamiento.

Esquema del ANOVA

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Bloques	$r-1 = 2$
Tratamientos	$t-1 = 10$
Error	$(r-1)(t-1) = 20$
Total	$t*r-1 = 32$

En la segunda fase los datos fueron sometidos a análisis regular de medias de Taguchi del tratamiento 1 al 9 con la finalidad de predecir y establecer la combinación óptima del ambiente de propagación, tamaño del cormo, sustratos y tamaño de inducción de brotes  $R_1$ . En análisis de Taguchi constó de los siguientes pasos:

**Elaboración de la tabla de respuestas.** - se elaboró usando las medias y separando los efectos factoriales por cada factor y nivel.

**Gráficas factoriales.** - es la representación de los efectos individuales de cada factor donde se utilizó una gráfica de barras.

**Combinación óptima.** - la combinación óptima de los factores y niveles se derivó de la tabla de respuestas. Como se trató de variables de proliferación: tasa de multiplicación de cormo y por  $m^2$ , la respuesta "*mayor es mejor*", es lo deseable.

**Predicción de la máxima respuesta.** - la predicción de la respuesta máxima se estimó asumiendo que los efectos son aditivos a partir de la "*media de medias*", adicionando los efectos parciales de cada nivel en estudio por factor, según la tabla de respuesta y la combinación óptima definida. La predicción se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$Predicción = \bar{Y} + \sum (A_i - \bar{Y}) + (B_j - \bar{Y}) + (C_k - \bar{Y}) + (D_z - \bar{Y})$$

**Donde:**

$\bar{Y}$  = Media de factores

$A_i$  = Media del  $i$  nivel del factor  $A$

$B_j$  = Media del  $j$  nivel del factor  $B$

$C_k$  = Media del  $k$  nivel del factor  $C$

$D_z$  = Media del  $z$  nivel del factor  $D$

### 3.6. VARIABLES RESPUESTA

**Días a brotación.** - El dato se registró cuando se produjo el primer brote bien diferenciado en el 50% de los cormos que conforman la unidad experimental.

**Tasa de multiplicación por cormo.** - se determinó aplicando la siguiente ecuación, lo cual se realizó al final del experimento.

$$TM_{\text{cormo}} = \frac{\text{Número de plantas totales obtenidas por cormo}}{\text{Número de cormos madres iniciales}}$$

**Tasa de multiplicación por m<sup>2</sup>.**- esta variable se estableció al final del experimento, con la siguiente ecuación.

$$TM_{m^2} = \frac{\text{Número de plantas totales obtenidas por m}^2}{\text{Número de cormos madres iniciales por m}^2}$$

### **3.7. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO**

Antes de colocar los cormos dentro de la cámara térmica, los sustratos fueron humedecidos con sistema de riego de micro aspersión. Luego de la siembra de los cormos el riego se realizó de forma localizada previo monitoreo de la humedad del sustrato y del ambiente de la cámara que se mantuvo alrededor del 80%. El control de malezas se realizó manualmente.

## CAPÍTULO IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza aplicado a la variable días a brotación, se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos en estudio, lo cual indica que los tratamientos de propagación influyeron positivamente sobre esta variable, donde es evidente que los tratamientos ( $T_1$ - $T_{10}$ ) basados en cámara térmica mostraron una mejor respuesta prolífica en relación al tratamiento  $T_{11}$ , quien presentó un promedio de días a brotación más alto en comparación al resto con 26,33 (**Tabla 1**).

Al respecto (Cedeño et al., 2018) encontró que el tiempo de brotación de yemas fue 13 días más precoz dentro de la cámara térmica en contraste a los canteros, independientemente del tamaño de cormo. Además los cormos de mayor tamaño emitieron brotes a los 21 días después de la siembra en cámara térmica, en relación a los 35 días que necesitaron los mismos cormos para emitir brotes en cantero. Por su parte, (Cedeño et al., 2016) en trabajos similares en cámara térmica con uso de bioestimulantes obtuvo un promedio de brotes por encima de los 20 días.

En esta investigación, el tratamiento con mayor precocidad fueron las cámaras térmicas con plástico negro y transparente, independientemente de los demás factores evaluados. De acuerdo con (Cedeño et al., 2018) indica que el tiempo de brotación de yemas es influenciado significativamente por el ambiente de propagación, el tamaño de cormo y la respectiva interacción de factores. Según (Álvarez et al., 2013), en menor tiempo (18 días), se obtiene mayor brotación de yemas y más emergencia con temperatura alta que cuando se propaga esta semilla en condiciones ambientales externas (29 días) empleando la misma técnica con temperaturas entre 50 y 70 °C.

**Tabla 1:** Efecto de varias combinaciones de cámaras térmicas, tamaño de cormos, sustratos y tamaño de inducción de brotes R1 sobre los días a brotación. Bolívar, Manabí, 2019.

Tratamientos	Descripción	Días a brotación
T1	Plástico transparente + corno de 500 - 1000 g + Cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 5 cm	14,67 a <sup>1/</sup>
T2	Plástico transparente + corno de 1000 - 1500 g + mezcla de cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 10 cm	17,00 a
T3	Plástico transparente + corno de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 15 cm	13,33 a
T4	Plástico negro + corno de 500 - 1000 g + cascarilla de arroz con arena + inducción de brotes R1 a los 15 cm	16,00 a
T5	Plástico negro + corno de 1000 - 1500 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 5 cm	15,33 a
T6	Plástico negro + corno de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 10 cm	16,67 a
T7	Plástico transparente con luz por las noches + corno de 500 - 1000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 10cm	15,33 a
T8	Plástico transparente con luz por las noches + corno de 1000 - 1500 g + cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 15 cm	16,00 a
T9	Plástico transparente con luz por las noches + cormos de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 5 cm	15,67 a
T10	Con plástico transparente, con suelo, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1	14,67 a
T11	Sin plástico transparente, con suelo, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1	26,33 b
p-valor ANOVA y contrastes		
Tratamientos		0,0001
Contraste $\bar{x}$		
T1...T10 vs $\bar{x}$ T11		0,0011
Contraste $\bar{x}$		
T1...T9 vs $\bar{x}$ T10		0,4425

<sup>1/</sup> Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error

Situación similar se presentó para las variables tasa de multiplicación de cormos y por m<sup>2</sup>, donde el análisis de varianza reportó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados, siendo los tratamientos con cámara térmica cubiertas de plástico negro y transparente los que alcanzaron mayores tasas de multiplicación por cormo y por m<sup>2</sup> de cámara térmica (Tablas 2 y 3).

De acuerdo, con el análisis de contraste ortogonal de las medias de los tratamientos de cámara térmica y el tratamiento control (T1-T10 vs T11) mostró un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) de las tasa de multiplicación y el número de plántulas m<sup>2</sup>, con 66 y 98%, respectivamente, en relación al tratamiento sin cámara térmica (Tabla 2 y 3). De forma similar, el análisis de contraste ortogonal de las medias de los tratamientos de cámara térmica y el tratamiento control (T1-T10 vs T11) mostró un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) de las tasa de multiplicación por cormo y el por m<sup>2</sup>, con 66 y 98%, respectivamente, en relación al tratamiento sin cámara térmica (Tabla 2 y 3).

Por otra parte, el contraste de medias entre las combinaciones de tecnologías de propagación y el testigo de cámara térmica convencional (T1-T9 vs T10) no afectó significativamente ( $p > 0.05$ ) la tasa de multiplicación por cormo (Tabla 2), mientras que la producción de plántulas m<sup>2</sup> si fue influenciada significativamente ( $p < 0.05$ ) por las combinaciones de tecnologías de propagación (T1-T9), donde se dio un incremento del 51%, en relación al tratamiento convencional de cámara térmica (Tabla 3).

**Tabla 2:** Efecto de varias combinaciones de cámaras térmicas, tamaño de cormos, sustratos y tamaño de inducción de brotes R1 sobre tasa de multiplicación del cormo. Bolívar, Manabí, 2019.

Tratamientos	Descripción	Tasa de multiplicación de cormos
T <sub>1</sub>	Plástico transparente + cormo de 500 - 1000 g + Cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 5 cm	7,80 ab
T <sub>2</sub>	Plástico transparente + cormo de 1000 - 1500 g + mezcla de cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 10 cm	15,27 ab
T <sub>3</sub>	Plástico transparente + cormo de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 15 cm	17,27 a
T <sub>4</sub>	Plástico negro + cormo de 500 - 1000 g + cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 15 cm	11,00 ab
T <sub>5</sub>	Plástico negro + cormo de 1000 - 1500 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 5 cm	15,53 ab
T <sub>6</sub>	Plástico negro + cormo de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 10 cm	14,47 ab
T <sub>7</sub>	Plástico transparente con luz por las noches + cormo de 500 - 1000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 10cm	6,23 ab
T <sub>8</sub>	Plástico transparente con luz por las noches + cormo de 1000 - 1500 g + cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 15cm	7,20 ab
T <sub>9</sub>	Plástico transparente con luz por las noches + cormos de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 5 cm	12,60 ab
T <sub>10</sub>	Con plástico transparente, con cascarilla de arroz, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1	7,40 ab
T <sub>11</sub>	Sin plástico transparente, con cascarilla de arroz, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1	3,93 b
p-valor ANOVA y contrastes		
Tratamientos		0,0127
Contraste $\bar{x}$		
T <sub>1</sub> ...T <sub>10</sub> vs $\bar{x}$		0,0096
T <sub>11</sub>		
Contraste $\bar{x}$		
T <sub>1</sub> ...T <sub>9</sub> vs $\bar{x}$		0,1024
T <sub>10</sub>		

<sup>1/</sup> Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error

**Tabla 3:** Efecto de varias combinaciones de cámaras térmicas, tamaño de cormos, sustratos y tamaño de inducción de brotes R1 sobre la tasa de multiplicación por m<sup>2</sup>. Bolívar, Manabí, 2019.

Tratamientos	Descripción	Tasa de multiplicación por m <sup>2</sup>
T1	Plástico transparente + corno de 500 - 1000 g + Cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 5 cm	156,00 ab
T2	Plástico transparente + corno de 1000 - 1500 g + mezcla de cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 10 cm	244,27 a
T3	Plástico transparente + corno de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 15 cm	207,20 ab
T4	Plástico negro + corno de 500 - 1000 g + cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 15 cm	220,00 ab
T5	Plástico negro + corno de 1000 - 1500 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 5 cm	248,53 a
T6	Plástico negro + corno de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 10 cm	173,60 ab
T7	Plástico transparente con luz por las noches + corno de 500 - 1000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote R1 a los 10cm	124,67 ab
T8	Plástico transparente con luz por las noches + corno de 1000 - 1500 g + cascarilla de arroz + inducción del brote R1 a los 15cm	115,20 ab
T9	Plástico transparente con luz por las noches + cormos de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena + inducción del brote R1 a los 5 cm	151,20 ab
T10	Con plástico transparente, con suelo, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1	88,80 ab
T11	Sin plástico transparente, con suelo, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1	47,20 b
p-valor ANOVA y contrastes		
Tratamientos		0,0105
Contraste $\bar{x}$ T1...T10 vs $\bar{x}$ T11		0,0030
Contraste $\bar{x}$ T1...T9 vs $\bar{x}$ T10		0,0214

1/ Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error

Los resultados hallados en cuanto a variables de tasa de multiplicación, el plástico transparente + cormo de 1500 - 2000 g + cascarilla de arroz con arena y humus + inducción del brote a los 15 cm, dio mejor respuesta a diferencia del tratamiento sin plástico transparente, con suelo, con cormos de 1500 – 2000 g y sin inducción de brotes R1 con un tasa de multiplicación de 17.27%, estos datos son cercanos a los resultados de (Aguirre, 2015), quien obtuvo un total de 201 hijuelos con la técnica TRAS, lo que representa un promedio de 9 hijuelos por cormo, correspondiente a 21%.

Mientras que (Koné et al., 2011) en cormos de, entre 300 – 450 g presentaron mayor tasa de multiplicación en relación a cormos de mayor tamaño. De forma similar, (Tchoa et al., 2016) reportaron que el tiempo de brotación fue directamente proporcional al peso del cormo y la tasa de multiplicación inversamente proporcional al peso del cormo así mismo (Álvarez et al., 2013) encontraron mayor producción de plantas por m<sup>2</sup> en cormos de entre 1 – 2 kg de peso, en contraste a cormos de peso menor a 1.0 kg y mayor a 2.0 kg.

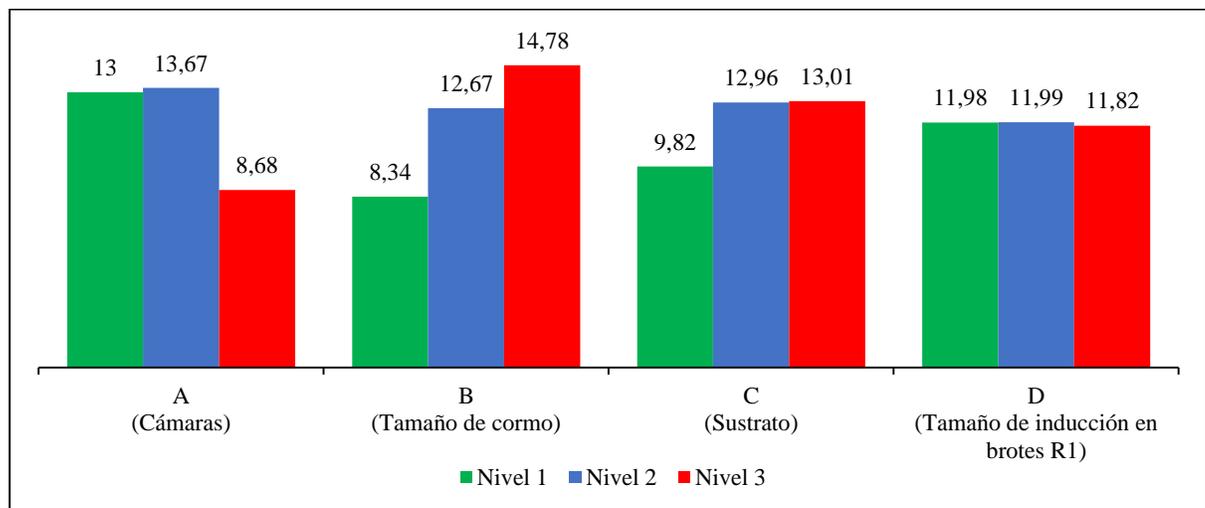
Mientras que por otra parte en este estudio se identificó al T11 con una menor tasa de multiplicación del 3.93% coincidiendo con los resultados de (Reyes et al., 2009) quienes observaron en su evaluación del número de brotes por cormo, utilizando la técnica TRAS, en cultivares de Plátano Enano y Cesma 3/4, encontraron valores bajos de de 3,7 y 3,9 hijuelos respectivamente por cormo en estudio.

### **Análisis regular de Taguchi**

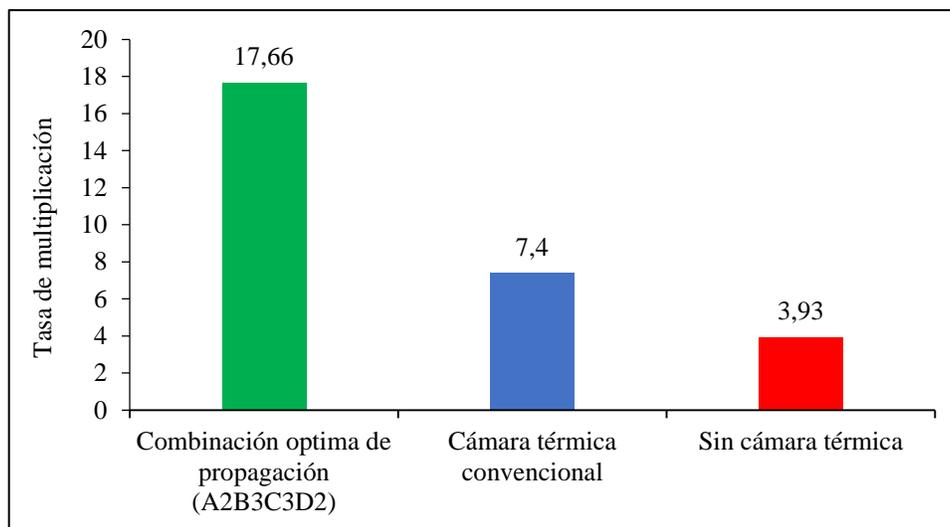
De acuerdo con los resultados del análisis de Taguchi presentados en el (grafico 1), al analizar de forma independiente los cuatro factores probados, se evidencia que dentro del factor A, el nivel 2 correspondiente al plástico negro produjo el mayor promedio de tasa de multiplicación con 13,67 plántulas. Dentro del factor B, el nivel 3 correspondiente al tamaño de cormos de entre 1500 – 2000 g, logró la mayor tasa de multiplicación con 14,78 plántulas. Por su parte, dentro del factor C, el nivel 3

correspondiente al sustrato conformado por cascarilla de arroz, aren de río y humus, obtuvo la mayor tasa de propagación con 13,01 plántulas. Finalmente, dentro del factor D, el nivel 2 correspondiente a brotes R1 de 10 cm de altura para inducir la producción de multiyemas, alcanzó la mayor tasa de propagación con 11,99 plántulas.

De acuerdo a la ecuación de predicción de respuesta máxima de Taguchi en cuanto al efecto de los factores evaluados sobre la tasa de multiplicación [ $TM = \bar{Y} + \Sigma (A_2 - \bar{Y}) + (B_3 - \bar{Y}) + (C_3 - \bar{Y}) + (D_2 - \bar{Y})$ ], la combinación óptima de factores que indujo la mayor tasa de multiplicación de los cormos fue A2B3C3D2, la cual produjo en promedio de 18 plántulas por cormo, en relación con el tratamiento de cámara térmica convencional y la propagación sin cámara térmica que produjo en promedio 7 y 4 brotes por cormo, respectivamente (Gráficos 1 y 2).



**Gráfico 1. Análisis regular de medias de Taguchi para la tasa de multiplicación**

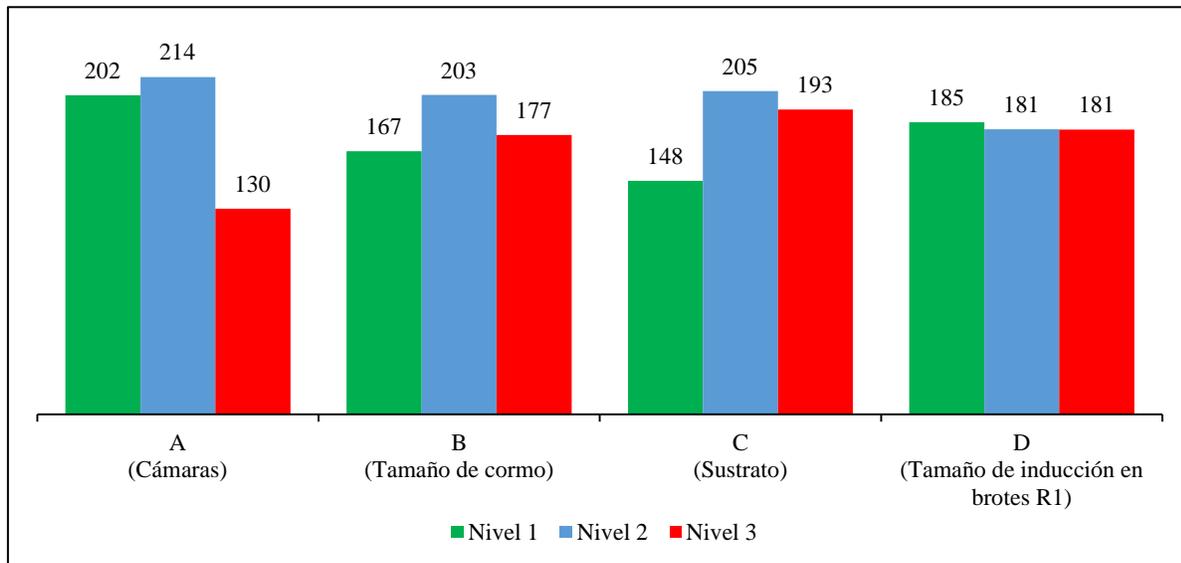


**Gráfico 2. Predicción de Taguchi para la tasa de multiplicación**

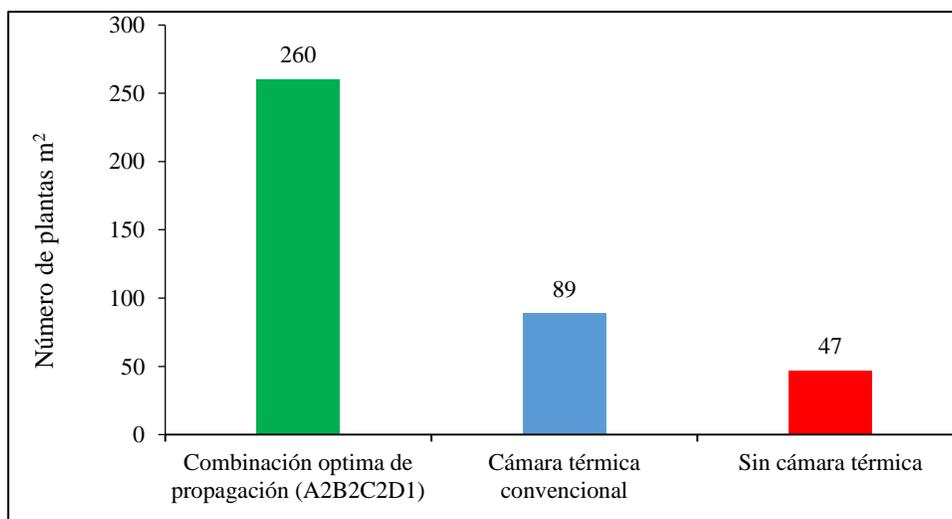
De acuerdo con los resultados del análisis de Taguchi presentados en el (grafico 3), al analizar de forma independiente los cuatro factores evaluados, se evidencia que dentro del factor A, el nivel 2 correspondiente al plástico negro produjo el mayor promedio de plantas por m<sup>2</sup> con 214 plántulas. Dentro del factor B, el nivel 2 correspondiente al tamaño de cormos de entre 1000 – 1500 g, logró la mayor producción de plantas por m<sup>2</sup> con 203 plántulas. Por su parte, dentro del factor C, el nivel 2 correspondiente al sustrato conformado por cascarilla de arroz y arena de río, obtuvo la mayor tasa de propagación por m<sup>2</sup> con 205 plántulas. Finalmente, dentro del factor D, el nivel 1 correspondiente a brotes R1 de 5 cm de altura para inducir la producción de multiyemas, alcanzó la mayor tasa de propagación por m<sup>2</sup> con 185 plántulas.

De acuerdo a la ecuación de predicción de respuesta máxima de Taguchi en cuanto al efecto de los factores evaluados sobre la producción de plantas por m<sup>2</sup> [PP =  $\bar{Y} + \Sigma (A_2 - \bar{Y}) + (B_2 - \bar{Y}) + (C_2 - \bar{Y}) + (D_1 - \bar{Y})$ ], la combinación óptima de factores que indujo la mayor tasa de multiplicación de los cormos fue A2B2C2D1, la cual produjo en promedio de 260 plántulas por m<sup>2</sup>, en relación con el tratamiento de cámara

térmica convencional y la propagación sin cámara térmica que produjeron en promedio 89 y 47 plántulas por m<sup>2</sup>, respectivamente (Gráficos 3 y 4).



**Gráfico 3. Análisis regular de medias de Taguchi para número de plantas por m<sup>2</sup>**



**Gráfico 4. Predicción de Taguchi para número de plantas por m<sup>2</sup>**

La combinación óptima de factores según el análisis de medias de Taguchi, no coincide para la tasa de multiplicación por corno (A2B3C3D2) y la tasa de multiplicación por m<sup>2</sup> (A2B2C2D1), lo cual podría deberse a que cormos de menor tamaño B2 (1000 – 1500

g) caben en mayor cantidad por m<sup>2</sup> de superficie de cámara térmica, en comparación a cormos de mayor tamaño B3 (1500 – 2000 g), y aunque estos últimos presenten mayor tasa de multiplicación individual, la menor cantidad de cormos de este tamaño por m<sup>2</sup>, produciría menor cantidad de plántulas por superficie de cámara térmica.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- La cámara térmica cubierta con plástico de color negro indujo mayores tasas de multiplicación por cormo y m<sup>2</sup> de superficie.
- El tamaño de cormos comprendidos entre 1500 – 2000 g de peso, mostraron tasa de multiplicación individual por cormo. Sin embargo, la tasa de multiplicación por m<sup>2</sup>, fue mayor con cormos de entre 1000 – 1500 g.
- Los sustratos compuestos por cascarilla de arroz, arena de río y humus se comportaron como el mejor medio para la propagación del plátano en cámara térmica.
- El tamaño ideal de brotes R1 para inducir mayor proliferación de plántulas fue de 15 cm de altura.
- La combinación óptima que produjo la mayor tasa de multiplicación del plátano por cormo y m<sup>2</sup> de cámara térmica fueron A2B3C3D2 y A2B2C2D1, respectivamente.

### **Recomendaciones**

- Utilizar plástico negro para diseñar una cámara térmica y promover mayor tasa de multiplicación del plátano.
- Utilizar cormos de tamaño comprendidos entre 1000 y 2000 g de peso para obtener mayores tasas de multiplicación del plátano en cámara térmica.
- Utilizar sustratos a base de cascarilla de arroz, arena de río y humus como medio para la multiplicación del plátano en cámara térmica.
- El tamaño del brote R1 para inducir la producción de multiyemas debe ser de 15 cm de altura.

## BIBLIOGRAFIA

- Adriano, M., Lara, Y., Vásquez, A., Ramo, D., & Salvador, M. (2013). Uso de compost durante la etapa de aclimatación de vioplasmas de banano clon "Gran Enano" (Musa AAA). Chiapas, México: Revista científica. Vol 8. 2. 3 p.  
[https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Vazquez-Ovando/publication/273446856\\_Uso\\_de\\_compost\\_durante\\_la\\_etapa\\_de\\_aclimatacion\\_de\\_vitroplantas\\_de\\_banano\\_clon\\_Gran\\_Enano\\_Musa\\_AAA/links/5501a0130cf2d60c0e5f890b/Uso-de-compost-durante-la-etapa-de-aclimatacion-de-vitroplantas-de-banano-clon-Gran-Enano-Musa-AAA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Vazquez-Ovando/publication/273446856_Uso_de_compost_durante_la_etapa_de_aclimatacion_de_vitroplantas_de_banano_clon_Gran_Enano_Musa_AAA/links/5501a0130cf2d60c0e5f890b/Uso-de-compost-durante-la-etapa-de-aclimatacion-de-vitroplantas-de-banano-clon-Gran-Enano-Musa-AAA.pdf)
- Agatón, L., Mejía, L., & Montes, L. (2015). Caracterización socioeconómica y tecnológica de la producción del plátano. Caldas, Colombia: No. 41. 1 - 3 p.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n41/n41a11.pdf>
- Aguas, A., Martínez, M., (2003). Técnicas rápidas para la multiplicación de semillas de plátano. Ecorregión Caribe. Boletín divulgativo No. 69. 7p.
- Aguirre, B. (2015). Método alternativo de propagación de plántulas de plátano con alta homogeneidad sanidad y potencial productivo. Quevedo, Ecuador: Tesis de Pregrado - Ingeniería Agronómica. UTEQ. 56p.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4289>
- Álvarez, E., Ceballos, G., Gañán, L., Rodríguez, D., & Pantoja, A. (2013). Producción de material de siembra limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación CIAT No. 384. 16 p. <http://www.fao.org/3/as090s/as090s.pdf>
- Arias, P., Dankers, P., & Liu, P. y. (2004). La economía mundial del banano. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 104 p. <http://www.fao.org/3/y5102s/y5102s00.htm>
- Baiyeri, K., & Aba, S. (2005). Response of Musa species to macro-propagation. I: Genetic and initiation media effects on number, quality and survival of plantlets at prenursery and early nursery stages. Vol. 4 (3), pp. 223-228.  
<https://www.researchgate.net/publication/27797255>
- Ceballos, G., Pardo, J. M., & Álvarez, E. (2014). Escalamiento tecnológico en la producción masiva y sostenible de semilla limpia de yuca y plátano para la agricultura familiar. Cuba. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación CIAT. 17 p. <https://docplayer.es/55996856-Escalamiento->

[tecnologico-en-la-produccion-masiva-y-sostenible-de-semilla-de-yuca-y-platano.html](http://tecnologico-en-la-produccion-masiva-y-sostenible-de-semilla-de-yuca-y-platano.html)

- Cedeño, G., Párraga, L., Vélez, J., & Cargua, J. (2018). Efecto de tamaños de cormos sobre la tasa de multiplicación del plátano en dos ambientes de propagación. Calcuta, Manabí, Ecuador: Ponencia Científica. La universidad en el siglo XXI. 55 p. <http://sigloxxi.espam.edu.ec/Ponencias/VII/ponencias/55.pdf>
- Cedeño, G., Soplín, H., Helfgott, S., & Sotomayor, I. (2016). Aplicación de biorreguladores para la macro-propagación del banano Cv. Williams en cámara térmica<sup>1</sup>. Alajuela, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, vol. 27, núm. 2, 2016, pp. 397-408. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/437/43745945017/html/index.html>
- De Las Rivas, J. (2000). La luz y el aparato fotosintético. In J. Azcón-Bieto & M. Talón (Eds.), Fundamentos de Fisiología Vegetal. Barcelona. McGraw-Hill Interamericana. 131-154p. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6380403>
- Dzomeku, B., Darkey, S., Wünsche, J., & Bam, R. (2014). Response of selected local plantain cultivars to PIBS (Plants issus de bourgeons secondaires) technique. p 117-123. <http://csirspace.csirgh.com/handle/123456789/1253>
- FAO. ("s.f"). (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Factores que condicionan la producción. Ecu: Material Informativo. (En Línea). <http://www.fao.org/3/s8630s/s8630s04.htm>.
- FAO. (2014). (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Producción de cormos de plátano y banano para siembra directa en campo. Honduras: Material Informativo. (En Línea). <https://teca.apps.fao.org/teca/es/technologies/8149>.
- FAO. (2007). (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Material de propagación de calidad declarada. Lima: Material Informativo. (En Línea). <http://www.fao.org/3/i1195s/i1195s.pdf>
- FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria). 2010. Informe de seguimiento técnico anual del proyecto "Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: Innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos". Período 2009–2010. 16 p. <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2006/01/0605-06-Informe-Te%CC%81cnicoFinal.pdf>

- Galan, V., Rangel, A., López, J., Sandoval, J., & Souza, H. (2018). Propagación de Banano: Técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. Fruticultura. Colombia: V. 40. No. 4. 5. 7 p.  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452018000404001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452018000404001)
- Gabriel, M., Atis, M., Badar, A., & Pascua, M. (2013). Development of low-cost and rapid multiplication techniques of tissue-cultured *Musa acuminata* (AAA Group) cv. 'Lacatan' banana seedlings. MMSU Science and Technology Journal 3 (1). p 108-124.
- Hanumantharaya, M., Kerutagi, M., Patil, B., Kanamadi, V., & Basavaraj, B. (2009). Comparative economic analysis of tissue culture banana and sucker propagated banana production in Karnataka. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 22(4), 810-815.  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103137035>
- Koné, T., Koné, D., Koné, D., & Kouadio, Y. (2011). Effect of substrate type and bulb size on in vivo production of seedlings in three cultivars of plantain (*Musa spp.*). African Journal of Plant Science and Biotechnology. Vol.5. 1. 50 - 55 p.  
[https://www.researchgate.net/publication/283712628\\_Effect\\_of\\_Substrate\\_Type\\_and\\_Bulb\\_Size\\_on\\_in\\_Vivo\\_Production\\_of\\_Seedlings\\_in\\_Three\\_Cultivars\\_of\\_Plantain\\_Musa\\_spp](https://www.researchgate.net/publication/283712628_Effect_of_Substrate_Type_and_Bulb_Size_on_in_Vivo_Production_of_Seedlings_in_Three_Cultivars_of_Plantain_Musa_spp)
- Lassois, L., Lepoivre, P., Swennen, R., van den Houwe, I., & Panis, B. (2012). Thermo-therapy, chemotherapy, and meristem culture in banana. In Protocols for micropropagation of selected economically-important horticultural plants. p. 419-433. [https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-62703-074-8\\_32](https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-62703-074-8_32)
- MAGAP. (2013). (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). Cultivo de banano: Superficie, Producción y Rendimiento. Ecuador: Resolución Técnica. 1ed. p 26.
- MAGAP. (2017). (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). Boletín Situacional Plátano. Sistema de Información Pública Agropecuaria SIPA. Ficha técnica. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/platano>
- Martínez, G., Tremont, O., & Hernández, J. (2004). Manual técnico para la propagación de musáceas. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Venezuela. Revista científica 4p.

- Mensah, E. O., Dzomeku, B. M., Amoako, P. O., Owusu-Nketia, S., & Dapaah, H. K. (2017). Sucker multiplication in plantain using chicken manure as a substrate supplement. p 168-173. <http://csirspace.csirgh.com/handle/123456789/1374>
- Mugo, S., Bunde, A., Korir, M., & Mudaki, J. (2013). Factors influencing tissue culture banana output and its impact on income in Nyamusi division, Nyamira North district, Kenya. *Int. J. Sci. Basic Appl. Res*, 2, 1-24. <http://41.89.160.13:8080/xmlui/handle/123456789/629>
- Ngo-Samnack, E. 2011. Improved plantain production. The Pro-Agro collection. Engineers without Borders, Cameroon (ISF Cameroun) and the Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation (CTA), Douala-Bassa, CMR. p 20. [https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1655\\_PDF\\_1.pdf](https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1655_PDF_1.pdf)
- Njau, N., Mwangi, M., Gathu, R., Muasya, R., & Mbaka, J. (2011). Macropropagation technique for production of healthy banana seedlings. In *African Crop Science Conference Proceedings*. Vol. 10, pp. 469-472). <https://ir-library.ku.ac.ke/bitstream/handle/123456789/10300/Macropropagation%20technique....pdf?sequence=3>
- Panattoni, A., Luvisi, A., & Triolo, E. (2013). Elimination of viruses in plants: twenty years of progress. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (1), p 173-188. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4183676>
- Paz, R., & Pesantez, Z. (2013). Potencialidad del plátano verde en la nueva matriz productiva del Ecuador. *Yachana, Ecuador: Vol. 2. No. 2. 2 - 8 p.* <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/47>
- PRO-ECUADOR. (2013). (Instituto de Promoción de Eportaciones e Inversiones). Análisis del sector bananero. Quito, Eciador: Boletín informativo. 1 ed. 28 p. <https://www.proecuador.gob.ec/category/sector/banano-y-platano/>
- Ramos, R., Terry, E., Soto, F., & Cabrera, A. Martin, G., & Fernandez, L. (2016). Respuesta del cultivo de pátano a diferentes proporciones de suelo y bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa vivero. Vol. 37, no. 2. 2p. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193246554020.pdf>
- Ramos, Y,. (2015). Diseño e implementación de un sistema de control para maximizar la capacidad productiva de las plantas en granjas verticales por medio de luz artificial. Santiago de Cali. UAO. 51p.

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/8557/T06346.pdf;jsessionid=00D5E320AE973E9E7271B5CC2DA7E472?sequence=1>

- Reyes, G., Carcache, E., Narváez, H., & Loáisiga, R. (2009). Experiencias de la aplicación comercial de la técnica de reproducción acelerada de semilla (TRAS) en plátano en Rivas y Nandaime. La Calera: Revista científica. Vol 9. 13. 50 - 54 p. <https://www.camjol.info/index.php/CALERA/article/view/17>
- Robinson, J., & Galán, V. (2011). Plátanos y bananas. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 2 ed. 321 p.  
<https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484765424/platanos-y-bananas>
- Rodríguez, D., Ceballos, G., Mejía, J., Álvarez, E., & Lugo, O. (2013). Construcción, implementación y estandarización de cámara térmica para producción de semilla de plátano libre enfermedades. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT. 13 p.
- Ruiz, M., & Urueña, M. (2009). Situación Actual y Perspectivas del Mercado del Plátano. El Oro, Ecuador: 1 ed. 33 p. <https://docplayer.es/42138192-Situacion-actual-y-perspectivas-del-mercado-del-platano.html>
- Singh, H., R. Selvarajan, S. Uma, and J. Karihaloo. 2011. Micropropagation for production of quality banana planting material in Asia-Pacific. Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology (APCoAB), New Delhi, IND. p 26  
[https://www.researchgate.net/publication/274063310\\_Micropropagation\\_for\\_production\\_of\\_quality\\_banana\\_planting\\_material\\_in\\_Asia-Pacific](https://www.researchgate.net/publication/274063310_Micropropagation_for_production_of_quality_banana_planting_material_in_Asia-Pacific)
- Sosa, F; Ortiz, R; Hernández, R., Armas, P; y Guillen, D (2009). Propagación in vitro de *Heliconia standleyi* Macbride en cuba. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 15(SPE). p 17-23. <https://www.redalyc.org/pdf/609/60912623003.pdf>
- Soto, M. (2006). Renovación de plantaciones bananeras, un negocio sostenible, mediante el uso de umbrales de productividad, fijados por agricultura de precisión. Joinville, Brasil: ACORBAT. Vol. 1. 178 - 189 p.  
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UNIBA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=007054>
- Souza, A., Ledo, S., Silveria, G., Faria, A., & Silva, M. (2006). Introducción a micropropagación de plantas. Cruz das Almas, Brasil: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. 151 p.

- Staver, C., & Lescot, T. (2010). La propagación de material de siembra de calidad para mejorar la salud y productividad del cultivo. Prácticas clave para las musáceas. Colombia: Boletín Informativo. 1ed. Col. 14 p.  
[https://agritrop.cirad.fr/576540/1/La\\_propagacion\\_de\\_material\\_de\\_siembra\\_de\\_calidad\\_para\\_mejorar\\_la\\_salud\\_y\\_productividad\\_del\\_cultivo\\_1893.pdf](https://agritrop.cirad.fr/576540/1/La_propagacion_de_material_de_siembra_de_calidad_para_mejorar_la_salud_y_productividad_del_cultivo_1893.pdf)
- Tchoa, K., André, T., André, S., Zana, C., & Mongomaké, K. (2016). Effects of substrates, weight and physiological stage of suckers on massive propagation of plantain (*Mussa paradisiaca* L). . International Journal of Research - GRANTHAALAYAH. Vol 4. 1. 1 - 13 p.  
[https://www.granthaalayahpublication.org/journals/index.php/granthaalayah/article/view/IJRG16\\_A01\\_24](https://www.granthaalayahpublication.org/journals/index.php/granthaalayah/article/view/IJRG16_A01_24)
- Tenkouano, A., Hauser, S., Coyne, D., & Coulibaly, O. (2006). Clean planting material and management of practices for sustained production of banana and plantain. Africa. *Chronica Horticulturae* 46(2): 14 –18 p.  
[https://www.researchgate.net/profile/S-Hauser/publication/284108336\\_Clean\\_planting\\_materials\\_and\\_management\\_practices\\_for\\_sustained\\_production\\_of\\_banana\\_and\\_plantain\\_in\\_Africa/links/593851e70f7e9b32b7f332c0/Clean-planting-materials-and-management-practices-for-sustained-production-of-banana-and-plantain-in-Africa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/S-Hauser/publication/284108336_Clean_planting_materials_and_management_practices_for_sustained_production_of_banana_and_plantain_in_Africa/links/593851e70f7e9b32b7f332c0/Clean-planting-materials-and-management-practices-for-sustained-production-of-banana-and-plantain-in-Africa.pdf)
- UNA. (2004). (Universidad Nacional Agraria). Métodos alternativos de propagación de semillas agámica de plátano (*Musa* sp.). Colombia: Revista científica. 1 ed. 31 p.  
<https://cenida.una.edu.ni/textos/nf02a283m.pdf>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Instalación del experimento

1 -a. Elaboración de cámaras térmicas.



## Anexo 2. Manejo del experimento

### 2 –a. Siembra de cormos y corte del ápice central



## Anexo 3. Manejo del experimento

2 –a. Corte y toma de datos de brotes



## Anexo 4. Manejo del experimento

2 –b corte y toma de datos de brotes



## Anexo 5. Manejo del experimento

2 -hijuelos de plátano enraizados

