

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA-LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA



Evaluación de la proliferación de yemas axilares en plantas Élite y Testigo de plátano Hartón enano (*Musa* AAB) procedentes de la finca El Pegón y Santa Ana Luis del Departamento de León en condiciones de cámara térmica, junio-diciembre 2013

Autor:

Br. Francisco Uriel Orozco Moncada

Trabajo presentado como requisito previo para optar al título de

Ingeniero en Agroecología Tropical

Tutores:

M.Sc. Juan Castellón

M.Sc. David Alberto Cerda Granados

Asesora:

Lic. Noelia Erlinda Cea Navas

Diciembre, 2014

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por darme la fuerza y sabiduría para superar toda dificultad y finalizar esta etapa de mi vida.

A mis Padres María Inés Moncada Larios y Francisco Orozco Guido quienes han sido toda mi fortaleza de mi vida y gracias a ellos culmine mis estudios superiores.

A todos mis amigos: Jhony Moreno, Michael Morales, Julio Toruño, Gerson Martin entre otros. que me ayudaron en mi trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTO

Al proyecto Musáceas de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN- León), que ejecuta proyectos en coordinación con Bioversity Internacional por haber financiado este estudio.

A mis padres por haberme dado su apoyo incondicional en todo momento.

A mis tutores tutor: M.Sc. Juan Castellón, profesor David Alberto Cerda Granados por sus apoyos brindado.

A la profesora Noelia Navas por innegable ayuda.

INDICE

DEDICATORIA	ii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE ILUSTRACIONES	vi
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	4
3. HIPOTESIS.....	5
4. MARCO TEÓRICO.....	6
4.1 EL CULTIVO DE BANANO Y PLÁTANO (MUSA SPP.)	6
4.2 MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO (AAB) POR SELECCIÓN DE PLANTAS ÉLITES	7
4.3 PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE <i>MUSÁCEAS</i>	8
4.3.1 <i>Micropropagación (cultivo de tejidos)</i>	8
4.3.2 <i>Macropropagación</i>	9
4.3.3 <i>Hormonas de crecimiento</i>	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1 MATERIAL VEGETATIVO	12
5.2 MUESTREO EN CAMPO.....	12
5.3 MANEJO DE LAS FINCAS	13
5.4 CONDICIONES DE CRECIMIENTO EN CÁMARAS TÉRMICAS.....	13
5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	13
5.6 VARIABLES EVALUADAS	14
5.7 ANÁLISIS DE DATOS	14
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
6.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS ÉLITE Y TESTIGO SELECCIONADAS	15
6.2 VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA	18
6.3 NÚMERO DE BROTES E ÍNDICE DE BROTAÇÃO.....	19
6.4 ANOVA POR TIPO DE PLANTA Y FINCA.....	20
7. CONCLUSIONES	23
8. RECOMENDACIONES	24
9. BIBLIOGRAFIA	25
10. ANEXOS	30
ANEXO 1. VENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN EN CÁMARA TÉRMICA VS. MÉTODO CONVENCIONAL.....	30
ANEXO 2. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA FINCA PARA COLECTAR PLANTAS SUPERIORES SEGÚN BIOVERSITY INTERNATIONAL (BIOVERSITY 2010).....	31
ANEXO 3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PLANTA ÉLITE SEGÚN BIOVERSITY INTERNATIONAL	32
ANEXO 4. ELABORACIÓN ARTESANAL DE CÁMARA TÉRMICA.....	34
ANEXO 5. PASOS PARA LA PREPARACIÓN DE LOS CORMOS O HIJOS	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen estadístico de las variables usadas para la selección de las plantas Élités y Testigos.	16
Cuadro 2. Índice de brotación (IB) y cantidad total de número de brotes (N brotes) producidos usando corte en espiral tres meses después de la siembra de plátano Harton enano en cámara térmica en la Finca el Pegón, León.	19
Cuadro 3. Resultados del ANOVA de dos vías donde para tipos de planta y finca.	20

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Valores medios de las variables morfométricas de las plantas Élités y Testigos seleccionadas para el estudio.....	17
Ilustración 2. Variación de la temperatura media y humedad relativa media dentro la cámara térmica de 8 noviembre 2013 al 18 diciembre 2013.	18
Ilustración 3 Media de cuadrados mínimos de número de brotes: a) Por tipo de planta. b) Por finca y por tipo de planta.	21
Ilustración 4 Elaboración artesanal de cámara térmica.	34
Ilustración 5 Pasos para la preparación de los cormos o hijos.	35

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue demostrar que la selección de plantas Élite usando corte espiral es más efectivo que el método tradicional que realizan los productores, aumentando la producción y volumen de plantas en menor tiempo libres de enfermedades y por consiguiente mejorando la calidad y la producción de plátano en el mercado. Se identificó plantas Élite de Hartón enano (AAB) en las fincas El Pegón (León) y Santa Ana Luis (Telica). Se colectaron los cormos, se le aplicó corte en espiral y se colocaron en cámara térmica en la finca El pegón para inducir la proliferación yemas axilares. Las variables evaluadas fueron índice de brotación y número de brotes. El número de manos por racimo en plantas Élite para cada finca fue 9; mientras la media de número de manos por racimo para plantas Testigo fue de 6.5 para El Pegón y de 8 para Santa Ana Luis. El número de dedos por mano en plantas Élite fue 52 para El Pegón y 53.5 para Santa Ana Luis; mientras que en las plantas Testigos, el número de dedos por mano fue de 26.5 para El Pegón y 43 para Santa Ana Luis. Hubo diferencias significativas para manos por racimo ($P=0.003$) y dedos por mano ($P=0.0003$) entre plantas Élite y Testigo. La media de cuadrados mínimos de número de brotes (N brotes) por tipo de plantas fue de 8.25 para plantas Élite y 5 para plantas Testigos. Hubo diferencia significativa entre ambas medias ($P=0.002$). La media de cuadrados mínimos por tipo de plantas y por finca fue de 8.75 para plantas Élite de El Pegón, 7.75 para plantas Élite de Santa Ana Luis, 4.25 para plantas Testigo de El Pegón y 5.75 para plantas Testigo de Santa Ana Luis. No se encontró diferencia significativa entre las medias por finca ni entre tipo de plantas por finca.

1. INTRODUCCION

El plátano (*Musa* spp.) es una fruta tropical originaria del sureste asiático, perteneciente a la familia de las musáceas, es un híbrido triploide de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (Simmonds, 1962). El plátano se cultiva en el sur de la india alrededor del siglo V antes de Cristo. Fue introducido a África de este a oeste, entre los años 1,000 y 1,500 de la era cristiana. Finalmente llegó al Caribe y Latinoamérica, poco después del descubrimiento del continente (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2000).

El banano y plátano ocupan el cuarto lugar en ser el cultivo de mayor importancia a nivel mundial, por ser el sustento económico y alimenticio de millones de personas en más de 120 países, principalmente en América Latina y el Caribe. Toda la producción se encuentra a cargo de pequeños y medianos productores con manejos tradicionales (FAO, 2006).

En Nicaragua el cultivo de plátano se concentra principalmente en el Pacífico en los departamentos de Rivas y Chinandega donde se cultivan 13,916 ha que están distribuidas en 83 ha de banano, 8,500 ha de plátano y 5,416 ha de guineos (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio [MIFIC], 2007). Las Musáceas que más se cultivan en Nicaragua son el plátano cuerno enano y cuerno gigante, con buena aceptación en el mercado nacional. Sin embargo, se ha tenido reducciones drásticas en los rendimientos, causando pérdidas a los agricultores, debido al uso de semilla de mala calidad, problemas en el abastecimiento de riegos en las plantaciones, variedades no resistentes al ataque de plagas como el picudo (*Cosmopolites sordidus*), nematodos (*Rodophulus similis*) y enfermedades como la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*) y Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*) (Alemán *et al.*, 1994).

La técnica de propagación vegetativa contribuye una de las aplicaciones prácticas más importante de la biotecnología para la obtención de grandes volúmenes de material vegetal a partir de un ápice o explantes (Vuylsteke & De Langhe, 1984). El uso de técnicas de cultivos de tejidos en micropropagación clonal *in vitro* de Musáceas ha permitido la producción masiva de plantas sanas con el mismo genotipo; esto permite tener poblaciones uniformes con altos rendimientos en la producción por hectárea (Canchignia & Ramos, 2004).

En los países latinoamericanos, los plataneros establecen el cultivo con semillas de origen y calidad desconocida. Generalmente ocurre a partir del intercambio de la semilla, sin tomar en cuenta los procesos necesarios de selección y multiplicación. Esto ha favorecido a la desigualdad en la calidad de las plantas dentro de las plantaciones de plátano y a la diseminación de plagas y enfermedades transmitidas a través del material de siembra (Aguilar Maradiaga, Reyes Castro, & Acuña Pérez, 2004).

Como se mencionó anteriormente, el cultivo de plátano es susceptible a varias enfermedades (Alemán *et al.*, 1994). Por tal razón, hay varias instituciones que han buscado cómo brindar semillas de plantas superiores, con resistencia a enfermedades y en condiciones asépticas usando propagación *in vitro*, entre ellas la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León (UNAN-León) (Dávila, Pastora & Dens, 2000), Universidad Nacional Agraria (UNA) y Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería (EIAG) (Asociación de Productores de Plátano de Rivas [APLARI], 2013).

Por esta razón, la UNA ha realizado estudios de macropropagación por la Técnica de Reproducción Acelerada de Semillas (TRAS) aportando esta tecnología a productores de Nandaime y Rivas (Reyes Castro., Rivers Carcache, Corea Narváez & García Loáisiga, 2009) y ha sacado un manual técnico de esta técnica (Aguilar Maradiaga *et al.*, 2004). Sin embargo, no hay muchos estudios referente a cuál es el mejor método para la macropropagación y todavía hay preocupación con respecto a la presencia de enfermedades.

Por consiguiente, Bioversity International, en conjunto con la UNAN-León, está realizando proyectos sobre esta temática, donde cuenta con otros aliados como APLARI (Asociación de Plataneros y Guineos de Rivas), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) y CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) para mejorar la calidad de las plantas con la selección de plantas Élite y superiores, buscando también métodos que garanticen tener plantas libres de enfermedades (Castellón, 2014). Ejemplo de estos sistemas, es el uso de cámara térmica que en otros países, como Colombia (Álvarez *et al.*, 2013) y en África (Dzomeku *et al.*, 2010; Lefranc *et al.*, 2010), están mostrando ser eficientes y muy baratos.

Este estudio pretendía demostrar que la selección de plantas Élite en cámaras térmicas usando corte espiral es mucho más efectivo que el método tradicional que realizan

los agricultores. Si esto se consigue demostrar, los productores podrán contar con una metodología barata y eficiente para producir plantas de alta calidad y libres de enfermedades, lo cual llevará a un incremento de su producción, proporcionándoles una mejor estabilidad económica y por consiguiente una mejor calidad de vida.

A largo plazo, esta investigación incidirá en la producción de plátano de mejor calidad con incremento en la producción en el mercado; ya que de cada semilla se podrá producir muchos más plantas de las que actualmente los productores producen con métodos convencionales. La persistencia de enfermedades por malas prácticas culturales y con la ayuda de las cámaras térmicas que aíslan a los cormos de las enfermedades se espera se vea reducida.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar la proliferación de yemas axilares en plantas Élite de plátano Hartón enano (AAB) provenientes de dos fincas del departamento de León en condiciones de cámara térmica en La Finca El Pegón UNAN-León, junio-diciembre 2013.

Objetivos Específicos

- Identificar plantas Élites de plátano Harton Enano (AAB) para la producción de yemas axilares de los cormos en condiciones de cámara térmica.
- Comparar el rendimiento en la proliferación de plantas Élites y Testigo de plátano Hartón enano (AAB) de dos fincas del departamento de León en condiciones de cámara térmica.

3. HIPOTESIS

Ho: La proliferación de yemas axilares de las plantas Élites es igual que la proliferación en plantas Testigo en condiciones de cámaras térmicas para las dos fincas bajo estudio.

Ha: La proliferación de yemas axilares de las plantas Élites es mayor que la proliferación en plantas Testigo en condiciones de cámaras térmicas por lo menos en una de las fincas bajo estudio.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 El cultivo de banano y plátano (*Musa* spp.)

Los plátanos son plantas herbáceas perennes de gran tamaño que al igual que el resto de especies de *Musa*, La formación de raíces se da a nivel de la capa central o cambium, las cuales emergen a través de los nudos y entrenudos subterráneos del cormo ya sea en grupos de 2-4 o en forma individual conformando las raíces primarias, y posteriormente dando origen a las raíces secundarias y terciarias con pelos absorbentes (Orozco, 1999). El tallo o cormo es un bulbo sólido de forma cónica o cilíndrica, es un importante órgano de almacenamiento que ayuda a sustentar el desarrollo del racimo y el desarrollo de los hijos de la planta, antes de la floración el cormo contiene el 35% de la materia orgánica de la planta, el cual baja un 20% en el momento que la planta alcanza la madurez del fruto (Menjivar Barahona, 2005).

El pseudotallo tiene su origen en el cormo y se encuentra estructurado por la prolongación y modificaciones de las hojas. Presenta la misma anatomía del cormo, con menor espesor en su corteza y con sistema foliar compuesto por haces vasculares (Orozco, 1999).

Presentan hojas basales, espiraladas, grandes, simples, de margen entero, de base envainadora (con las grandes vainas solapándose, formando un pseudotallo) y en *Musa* (pero no en *Ensete*) con pecíolo (a veces llamado pseudopecíolo). Durante el desarrollo de la planta o mata de plátano se observan varios tipos de hojas: hojas rudimentarias, hojas estrechas ensiformes y hojas anchas y verdaderas (Sánchez Reyes, 2005). El fruto es una baya con muchos óvulos pero sin semillas el cual presenta una forma oblonga; se desarrolla en bastones curvos que crecen en racimos en todas direcciones, siendo el peso de este lo que permite que el pedúnculo se doble. Esta reacción determina la forma del racimo (Crane, 1998).

La planta conocida como plátano agrupa gran número de clones partenocárpicos pertenecientes al género *Musa*, de la familia Musáceae, la cual es un híbrido triploide de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. El centro de origen del plátano silvestre es el sureste de Asia y las islas del Pacífico, extendiéndose desde la India hasta Papúa, Nueva Guinea, incluyendo Malasia e Indonesia (Chavarría Castillo & López Montenegro, 2010). El primer lugar en donde el plátano fue considerado como comestible fue la península Malaya, siendo favorecida inicialmente la especie *Musa acuminata* (Marín, Mass, Barrera, & Robles, 2008).

El género *Musa* se divide en cuatro secciones que son: Serie Eumusa, *Rodochlamys*, *Australimusa* y *Callimusa*, siendo la selección Eumusa la más importante, la que a su vez está conformada por cinco especies entre las cuales las dos especies más conocidas como son *musa acuminata colla* y *musa balbisiana colla* (Simmonds, 1973).

Por la condición triploide de la mayoría de los cultivares de banano, su forma de reproducción sexual está asociada a la esterilidad, esto hace que su reproducción se efectúe exclusivamente de manera vegetativa (Simmonds, 1973).

El Plátano y banano es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo después del arroz, maíz y el trigo; establecido en más de 120 países del mundo (Martínez, & Argota, 2013). Es una planta monocotiledónea, perteneciente a la familia Musáceas y de orden Escitamíneas o Zingiberales (León, 2000). El término banano se aplica a cultivares cuya fruta es de pulpa suave y se come fresca, como el Gros Michel (AAA) y Cavendish (AAAA) siendo triploides de *Musa acuminata* pura (AAA) (León, 2000).

4.2 Mejoramiento de la producción de plátano (AAB) por selección de plantas Élites

En el cultivo de plátano la calidad del material de siembra juega un rol fundamental en la productividad. Se pueden identificar tres tipos de calidad de material de siembra: calidad sanitaria, calidad agronómica y calidad genética (relacionada con el potencial genético). En términos de calidad sanitaria existen diferentes plagas y enfermedades que pueden ser transmitidas por el material de siembra (picudos, nematodos, mal de panamá, moko, pudrición por *Erwinia* y diferentes tipos de virus). La calidad agronómica del material de siembra se relaciona con el tipo de material a sembrar en campo (cormos, microcormos, material seleccionado de cámaras térmicas y plantas derivadas de material *in vitro*) y los cuidados que este material recibió en los viveros (sustrato, riego, fertilización) así como la selección por tamaño al pasar al campo. En general, se estima que la calidad agronómica como el tamaño solo impacta el primer ciclo de producción. La calidad genética se relaciona con el potencial productivo de plantas seleccionadas (Aguilar, Ortiz, Guzmán & Pérez, 2001).

Plantas Élites y superiores

Se refiere a planta Élite y superior al material genético de una variedad con características mayores de producción y de sanidad que el promedio normal de las plantas de

un lote. Las plantas superiores son seleccionadas por los productores, tomando sus hijos e incluyéndolos en una parcela de evaluación. En cambio, las plantas Élite se seleccionan extrayendo sus hijos para propagarlos *in vitro* o por macropropagación a nivel de cámara térmica para acelerar su multiplicación. Cada planta Élite, dará origen a un material que es la progenie proveniente de ella (Castellón, 2014).

4.3 Propagación vegetativa de *Musáceas*

La propagación vegetativa, también conocida como propagación clonal y asexual, consiste en la estimulación y proliferación de brotes mediante la aplicación exógena de reguladores de crecimiento. Vásquez *et al.* (2000), señala que la propagación vegetativa es un método utilizado para multiplicar partes vegetativas, utilizándose tejidos vegetales que conserven las características hereditarias de planta donadora y así generar nuevos individuos. La podemos clasificar en micropropagación y macropropagación.

La propagación vegetativa es de gran importancia para multiplicación de especies de semillas recalcitrantes y con problemas de esterilidad. Asimismo, es importante para la clonación de individuos Élites seleccionados en los programas de mejoramiento genético, la distribución de materiales para la plantación y la conservación de germoplasmas (Vásquez *et al.*, 2000).

4.3.1 Micropropagación (cultivo de tejidos)

Sandoval, Brenes y Pérez (1991), señala que la micro propagación del banano consiste en cultivar asépticamente ápices provenientes de hijuelos en un medio nutritivo artificial, adicionando reguladores de crecimiento para estimular la multiplicación y obtención de plantas completas, en base a la totipotencia (capacidad genética de una célula vegetal adulta de desarrollar un organismo completo mediante el proceso de regeneración) de la célula vegetal.

Está técnica es una herramienta esencial para el mejoramiento genético y sanitario como también para la multiplicación masiva de clones con características deseables. La producción potencial de plantas con la técnica de micropropagación partiendo de meristemas se prevé es de 15, 000,000 plantas por meristema al año (Angarita & Perea, 1984). Aunque está técnica presenta riesgos de reinfección en el campo, permite producir material libre de

patógenos, establecer cultivos con plantas sanas, y evitar así la diseminación de enfermedades (Castellón, 2014).

Proceso de micropropagación

Una de las primeras etapas en el cultivo *in vitro* de cualquier planta es la desinfección de explantes. Después siguen las etapas de iniciación (establecimiento aséptico del explante), multiplicación de los explantes y obtención de plantas enteras (Murashige, 1974; Sandoval *et al.*, 1991).

Muller y Sandoval (1986) afirman que con el método de cultivo de tejidos y la adición de reguladores de crecimiento al medio de cultivo, se estimula la multiplicación y la obtención de plantas completas. Asimismo, recomiendan varios factores a considerar para el éxito del cultivo *in vitro* estos son: fuente, tamaño, patrón de crecimiento y edad del explante; además de la posición del explante en el medio de cultivo, microambiente y totipotencialidad de las células.

Para obtener adecuada respuesta, los explantes cultivados necesitan de ciertos requerimientos que los suple un medio de cultivo. Según Pérez y Orellano (1989), como componente básico de un medio de cultivo se puede considerar los siguientes: macro y micronutrientes, una fuente de carbono, vitaminas, reguladores de crecimiento y algunas veces aminoácidos. En ocasiones se adicionan otros componentes orgánicos de naturaleza química no definidas como el agua de coco (*Cocos nucifera* L.), caseína hidrolizada y extracto de malta.

4.3.2 Macropropagación

La macropropagación es el proceso por el cual, a partir de los cormos obtenidos de las plantas madres, se obtiene gran cantidad de plantas que guardan las mismas características y calidad de la planta madre (FAO, s.f.).

Técnica de Reproducción Acelerada de Semilla (TRAS)

Es una técnica en la cual los cormos enteros se siembran en canteros o pequeños almácigos previamente acondicionados para que se facilite la brotación de las yemas axilares. Se elimina la yema apical a un centímetro por debajo de la corona que une al cormo con el

pseudotallo; esto garantiza la eliminación de la dominancia apical e induce la brotación de las yemas axilares (Aguilar Maradiaga *et al.*, 2004).

Cámara térmica

En esta cámara, se someten los cormos y las yemas inducidas en ellos a un sistema de limpieza que comprende la Macropropagación (con temperaturas entre 50 y 70°C), humedad relativa entre 30 y 100%, (riego de solución nutritiva) (Bioversity International, 2013).

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 y emergencia de yemas con temperatura alta que cuando se propaga en condiciones ambientales externas (29 días) empleando la misma técnica (ver Anexo2, ventajas de la producción en cámara térmica vs método convencional)

Termo terapia

El término de termo terapia es mencionado por Alvares a las condiciones de cámara térmica pero de una manera más sofisticada utilizando sistema de riego automatizado gracias a un sistema de Programación Lógica Controlable (PLC) y al Software Alpha Programming, luminosidad por las noches y fertilización es por fertirriego. (Alvares *et al.*, 2013)

4.3.3 Hormonas de crecimiento

El desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos (luz, nutrientes, agua, temperatura) e internos (hormonas). Una definición del término hormona es considerar bajo este nombre a cualquier producto químico de naturaleza orgánica que sirve de mensajero químico, ya que producido en una parte de la planta tiene como "blanco" otra parte de ella (González, Raisman & Aguirre, 1999). Las plantas tienen cinco clases de hormonas:

- **Auxinas:** Promueve el crecimiento y diferenciación celular, y por lo tanto en el crecimiento en longitud de la planta, Estimulan el crecimiento y maduración de frutas, floración, La auxina se dirige a la zona oscura de la planta, produciendo que las células de esa zona crezcan más que las correspondientes células que se encuentran en la zona clara de la planta. Esto produce una curvatura de la punta de la planta hacia la luz, movimiento

que se conoce como fototropismo. Retardan la caída de hojas, flores y frutos jóvenes (González *et al*, 1999).

- Gibberelinas: la función principal es incrementar la tasa de división celular (mitosis) (González *et al*, 1999).
- Citoquininas o Citocininas: son hormonas vegetales naturales que estimulan la división celular en tejidos no meristemáticos. Inicialmente fueron llamadas quininas, sin embargo, debido al uso anterior del nombre para un grupo de compuestos de la fisiología animal, se adaptó el término citoquinina (cito kinesis o división celular). Son producidas en las zonas de crecimiento, como los meristemas en la punta de las raíces (González *et al*, 1999).

Otros efectos generales de las citoquininas en plantas incluyen:

- estimulación de la germinación de semillas
 - estimulación de la formación de frutas sin semillas
 - ruptura del letargo de semillas
 - inducción de la formación de brotes
 - mejora de la floración
 - alteración en el crecimiento de frutos
 - ruptura de la dominancia apical.
- Ácido abscísico: El inhibe el crecimiento celular y la fotosíntesis. El ácido abscísico (ABA), conocido anteriormente como dormina o abscisina, es un inhibidor del crecimiento natural presente en plantas (González *et al*, 1999).
 - Etileno: Ha sido implicado en la maduración, abscisión, senectud, dormancia, floración y otras respuestas (González *et al*, 1999).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Material vegetativo

En el estudio se utilizaron cormos de plátano Harton enano (AAB) con rango de peso entre 300-800 g y alturas promedio de 0.25-1.25 m. Se seleccionaron cormos de plantas Élites y plantas Testigo de dos fincas: Finca El Pegón (12°25'20.3"N, 86°51'32.5"O) y Finca Santa Ana Luis (12°31'49.2"N, 86°51'33.1"O). La Finca El Pegón pertenece a la UNAN-León ubicada a 700 m al este de la entrada camino a La Ceiba, con temperaturas mínimas de 25°C y máximas de 39°C, con altitud de 90 msnm y precipitaciones anuales de 1200 mm (Blanco, 2013). La Finca Santa Ana Luis pertenece al productor Mariano Chevez esta localiza en el municipio de Telica, del empalme del granero 200 m al noroeste, con temperatura promedio de 27.0°C y temperatura máxima de 28.9°C, altitud de 119 msnm y precipitaciones de 1827 mm·año⁻¹. Las fincas se seleccionaron según los criterios establecidos por Bioversity International (Bioversity International, 2013) (véase Anexo 2).

5.2 Muestreo en campo

Se seleccionaron 4 plantas Élites y 4 plantas Testigo para cada finca seleccionada, siguiendo la metodología establecida por Bioversity International (Bioversity International, 2013). Para ver los procedimientos de selección detallada, véase Anexo 3 y Anexo 4.

De manera general, los pasos que se siguieron fueron: Se seleccionó un lote de un año de haberse establecido. Se hizo recorridos para la búsqueda exhaustiva de las plantas, seleccionándose solo plantas en floración para ver su potencial de producción y plantas completamente sanas. Para la selección de las plantas Élites se enfatizó en buscar plantas con racimos de mayor número de manos y dedos (9/50). Las plantas Testigo se seleccionaron sin tomar en cuenta estos parámetros procurando que fuesen plantas sanas con características deseadas para la multiplicación tradicional realizada por los productores. A todas las plantas se le tomaron los siguientes datos morfológicos: de altura, diámetro del tallo, número de hojas funcionales y número de hijos de sucesión. Una vez seleccionadas la planta madre como una Élite y Testigo, se extrae el hijo intermedio para no afectar el hijo de sucesión o segunda cosecha, una vez extraído se trasladó al lugar del experimento.

5.3 Manejo de las fincas

Finca El Pegón de la universidad nacional UNAN-León presenta 25 manzanas de plátanos donde el riego es por aspersión, sin aplicación de fertilizantes químicos, con uso de herbicidas moderado y el ciclo por lote es de 2 a 3 cosecha.

Finca Santa Ana Luis del señor mariano Chevez ubicada en Telica con 5 manzanas de plátanos, el sistema de riego es por goteo, 39 quintales de fertilización por ciclo, con aplicación de herbicidas moderada y con un solo ciclo de producción.

5.4 Condiciones de crecimiento en cámaras térmicas

Se realizó la limpieza del cormo y mondado (utilizando machete) desinfectándolo con cloro al 70% por 5 minutos. Posteriormente se realizó corte en espiral utilizando un cuchillo (igualmente desinfectado) para exponer las yemas del cormo teniendo cuidado de no dañarlas (Véase la elaboración del corte espiral en Anexo 5). Finalmente el material se volvió a desinfectar con cloro al 70% por 5 minutos.

Los cormos se colocaron en 2 canteros de 3 m de largo 1 m de ancho y 25 cm de profundidad ubicados en una cámara térmica hecha de forma artesanal de madera y plástico de 3 m de largo de 2.5 m de ancho y 2 m de alto. Posteriormente se hizo un techo de palma para reducir las temperaturas y consérvalas entre 50 y 70°C y humedad relativa de 30 a 100% los canteros se cubrieron primeramente con plástico, luego se cubrieron con Aserrín, después se colocaron los cormos después se cubrió con más aserrín.

Se le aplicó riego a los cormos dos veces por día para mantener la humedad necesaria para la proliferación de las plantas. La fertilización se realizó cada 7 días con fertilizante 15-15-15 con dosis de 2 g·planta⁻¹. Las plantas proliferadas se trasplantaron al alcanzar una altura de 15 a 20 cm y al tener de 4 a 5 hojas funcionales.

5.5 Diseño experimental y tratamientos

Se realizó un experimento bifactorial con un arreglo en un diseño completamente aleatorio. Para los tratamientos se establecieron dos factores. El factor A fue tipo de plantas y el factor B fue finca. Cada factor contaba con dos niveles: factor A, a₁: Élites, a₂: Testigo; factor B, b₁: Finca El Pegón, b₂: Finca Santa Ana Luis.

5.6 Variables evaluadas

Se midió la temperatura y humedad del día en el interior de la cámara con un data logger tinytag plus 2 TGP. Igualmente se contó el número de brotes (N brotes). Esto se realizó dos veces por semana a partir de los 49 días después de la siembra. Con la variable N brotes, se calculó el índice de brotación (IB) de los cormos, dividiendo N brotes totales entre el número de cormos iniciales. Este cálculo se realizó por tipo de planta y finca.

5.7 Análisis de datos

Se realizó un ANOVA de dos vías para comparar el N brotes producidos por cormo entre fincas y entre tipo de planta madre (Élite y Testigo). El modelo utilizado para este análisis fue el siguiente:

$$\text{Número de brotes}_{ijk} = \mu + \text{tipo de planta}_i + \text{finca}_j + \text{tipo de planta} \times \text{finca}_{ij} + e_{ijk}$$

Para comprobar si las diferencias observadas son significativas, se hizo una prueba de comparación múltiple pareada usando el procedimiento de Holm-Sidak con un $\alpha=0.05$.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SysStat SigmaPlot 12.0.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Características de las plantas Élite y Testigo seleccionadas

En el Cuadro 1, se presenta el resumen estadístico de las variables de selección de las 4 plantas Élites y Testigo de las finca bajo estudio; considerando que la variable con mayor varianza fue números de dedos tanto en plantas Élites como en Testigo en ambas fincas. La variable con menor varianza fue altura de planta.

El valor medio de la variable número de dedos varió de 26.5 dedos·mano⁻¹ para plantas Testigo de la finca El Pegón a 54 dedos·mano⁻¹ en plantas Élites de la finca Santa Ana Luis. El valor medio de la variable altura varió de 3 m en plantas Élites y Testigo de la finca El Pegón a 3.8 m para plantas Élites y Testigo en la finca Santa Ana Luis. Para la variable número de manos el valor mínimo fue de 6.5 en plantas Testigos de la finca El Pegón y el valor máximo fue de 9 en plantas Élites de las fincas El Pegón y Santa Ana Luis. Para la variable número de hojas la mínima fue de 5 en plantas Élites y Testigos de la finca El Pegón y el valor máximo de 6 para las plantas Élites y Testigo de la finca Santa Ana Luis. Para la variable número de hijos la mínima fue de 3 en plantas Testigo y Élites en plantas de la finca El Pegón y un máximo de 4 en plantas Élites y Testigo de la finca Santa Ana Luis.

La prueba de t para muestras independientes ($\alpha=0.05$) indica que hay diferencia significativa para las variables número de dedos·mano⁻¹ ($t= 5.30$, $P<0.001$) y número de manos·racimo⁻¹ ($t=4.08$, $P=0.001$) entre plantas Élites y Testigo. Las diferencias en el resto de las variables (altura, número de hijos y número de hojas) no fueron significativas ($P>0.05$).

Cuadro 1. Resumen estadístico de las variables morfológicas usadas para la selección de las plantas Élite y Testigos.

Finca	Tipo de planta	Variable	Media	EE	DE	Varianza	Rango	Min	Max	Suma
El Pegón	Élite	Altura (m)	3	0.08	0.17	0.03	0.4	2.75	3.15	11.9
		N° de manos	9	0.25	0.5	0.25	1	9	10	37
		N° de dedos	52	0.63	1.26	1.58	3	50	53	207
		N° de Hojas	5	0.25	0.5	0.25	1	5	6	21
		N° de hijos	3	0.25	0.5	0.25	1	3	4	13
	Testigo	Altura (m)	3	0.08	0.15	0.02	0.3	2.7	3	11.7
		N° de manos	6.5	0.48	0.96	0.92	2	6	8	27
		N° de dedos	26.5	2.17	4.35	18.92	10	20	30	103
		N° de Hojas	5	0.25	0.5	0.25	1	5	6	21
		N° de hijos	3	0.25	0.5	0.25	1	3	4	13
Santa Ana Luis	Élite	Altura (m)	3.08	0.18	0.36	0.13	0.75	3	3.75	12.9
		N° de manos	9	0	0	0	0	9	9	36
		N° de dedos	54	0.71	1.41	2	3	53	56	216
		N° de Hojas	6	0.25	0.5	0.25	1	6	7	25
		N° de hijos	4	0.25	0.5	0.25	1	3	4	15
	Testigo	Altura (m)	3.25	0.16	0.32	0.10	0.6	3	3.6	13.1
		N° de manos	8	0.25	0.5	0.25	1	8	9	33
		N° de dedos	43	0.91	1.83	3.33	4	41	45	172
		N° de Hojas	6	0	0	0	0	6	6	24
		N° de hijos	4	0.41	0.82	0.67	2	3	5	16

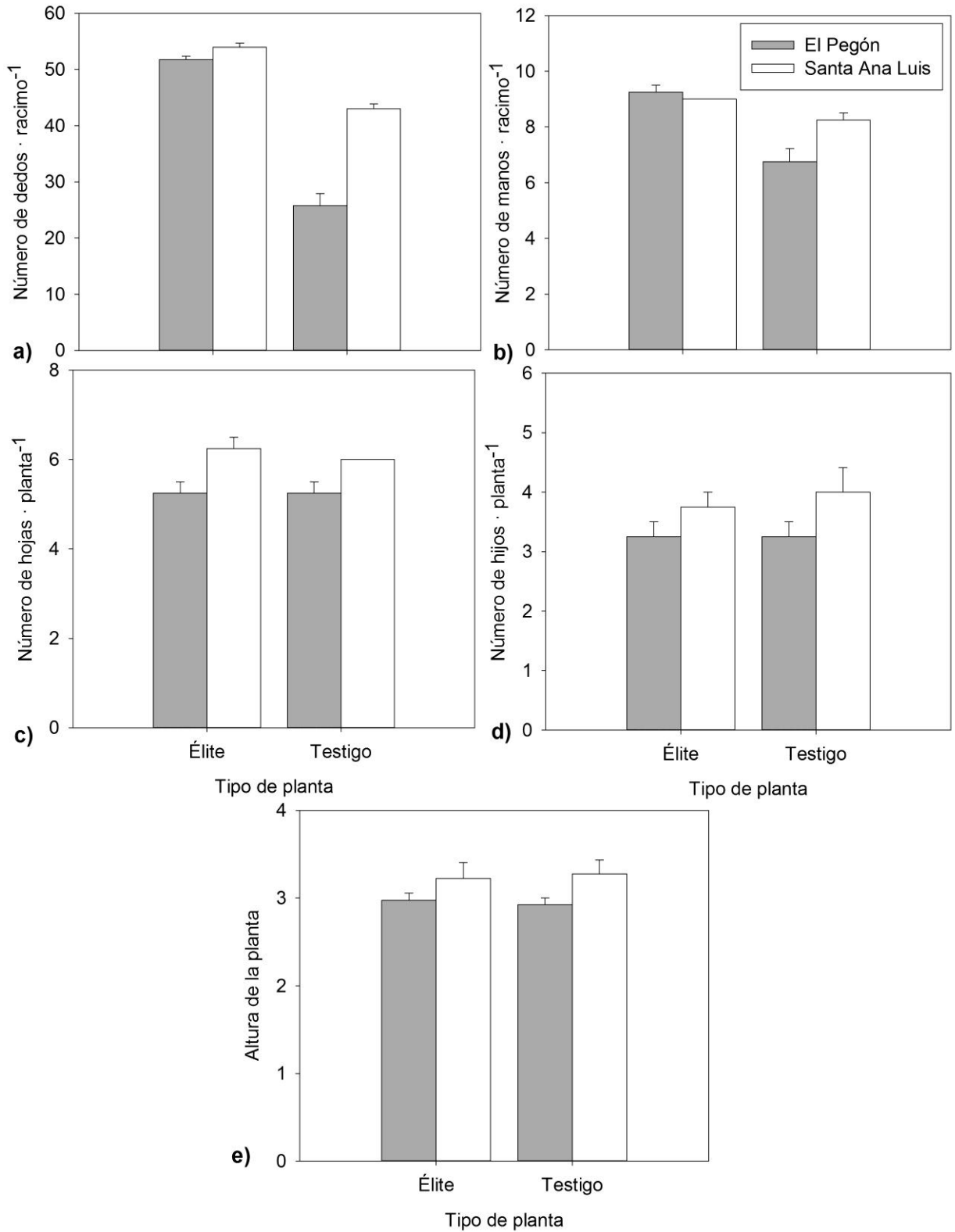


Ilustración 1. Valores medios de las variables morfológicas de las plantas Élite y Testigos seleccionadas para el estudio.

6.2 Variabilidad de la temperatura y humedad relativa

La Ilustración 1 muestra la temperatura y humedad promedio dentro de la cámara térmica durante el experimento. Las fechas con las temperaturas máximas se presentaron desde el 02 de diciembre hasta el 23 de diciembre, con un promedio de temperatura de 45°C; mientras tanto, las temperaturas mínimas se encontraron desde el 11 de noviembre hasta el 02 de diciembre con un promedio de 35°C. En las fechas con las humedades máximas se presentaron del 11 al 30 de noviembre y del 16 al 23 de diciembre con promedio de 70% de humedad y con un promedio mínimo de 4.42% de humedad en fechas de 02 al 16 de diciembre.

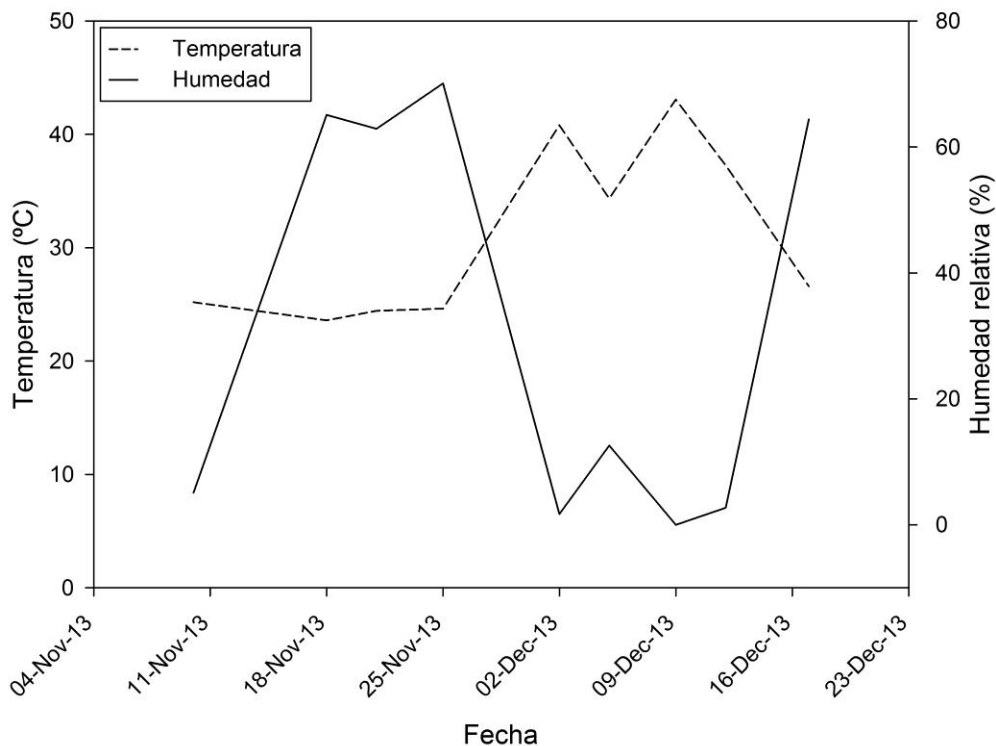


Ilustración 2. Variación de la temperatura media y humedad relativa media dentro la cámara térmica de 8 noviembre 2013 al 18 diciembre 2013.

6.3 Número de brotes e índice de brotación

El Cuadro 2, indica el N brotes y el IB producidos usando el corte en espiral. El valor máximo en N brotes se encontró en plantas Élite de la finca El Pegón con número total de 35 brotes en 4 cormos; mientras que el valor mínimo de N brotes en plantas Testigo fue de 17 brotes. El total de N brotes en plantas Élites de las dos fincas fue de 66 brotes en 8 cormos; mientras que el total de N brotes de las plantas Testigo fue de 40 brotes. El IB tuvo el mismo patrón, encontrándose el mayor IB en plantas Élites de El Pegón (IB=9); mientras que el menor IB se presentó en plantas Testigo de El Pegón (IB=4). El total de IB fue de 8 para plantas Élites y 5 para plantas Testigo.

Los valores de IB y media de N brotes obtenidos con plantas Élites (IB=8) en este estudio fueron superiores a los reportados por Reyes Castro *et al.* (2009) en plátano enano (IB=3-4) y censa $\frac{3}{4}$ (IB=4) y por Aguilar Maradiaga *et al.* (2004) en plátano (IB=6); y similares a los valores obtenidos en este estudio en plantas Testigos (IB=5). Cabe mencionar que estos dos estudios (Reyes Castro *et al.* 2009; Aguilar Maradiaga *et al.* 2004) se realizaron en condiciones ambientales externas.

Cuadro 2. Índice de brotación (IB) y cantidad total de número de brotes (N brotes) usando corte en espiral tres meses después de la siembra de plátano Harton enano en cámara térmica en la Finca el Pegón, León.

Finca	Tipo de planta	Cormos iniciales	N brotes Totales	IB
El Pegón	Élite	4	35	9
	Testigo	4	17	4
Santa Ana Luis	Élite	4	31	8
	Testigo	4	23	6
Total	Élite	8	66	8
	Testigo	8	40	5

6.4 ANOVA por tipo de planta y finca

En el

Cuadro 3, se pueden observar los resultados del ANOVA de dos vías. El factor tipo de planta fue estadísticamente significativo ($P=0.002$); mientras que los factores finca y tipo de plantas por finca no fueron estadísticamente significativo. Según el método Holm-Sidak, se encontró una diferencia significativa entre las plantas elites y Testigo ($t=3.92$ $P=0.002$).

Cuadro 3. Resultados del ANOVA de dos vías para la variable N brotes por tipo de planta y finca.

Fuente de Variación	DF	SS	MS	F	P
Tipo de planta	1	42.250	42.250	15.364	0.002
Finca	1	0.250	0.250	0.0909	0.768
Tipo de planta x Finca	1	6.250	6.250	2.273	0.158
Residual	12	33.000	2.750		
Total	15	81.750	5.450		

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestran las medias totales de cuadrados mínimos calculados por tipo de planta (a) y las medias de cuadrados mínimos por tipo de planta y localidad (b). Asimismo, puede observarse los valores donde hubo diferencia significativa entre las medias (método Holm-Sidak). La media de cuadrados mínimo total de N brotes en plantas Élite fue 8.25; mientras que en plantas Testigo fue de 5 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.a**). El valor mínimo de plantas Élite se encontró en la finca Santa Ana Luis en Telica con media de cuadrados mínimos de 7.75 brotes por cormo; mientras tanto el valor máximo de brotes se encontró en los cormos de la finca El Pegón con media de cuadrados mínimos de 8.75 plantas por cormo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.b**). El valor mínimo de brotes Testigo se encontró en la finca El

Pegón con una media de cuadrados mínimos de 4.25 plantas por cormo; mientras que el valor máximo de brotes de cormos Testigo se obtuvo en la finca Santa Ana Luis con media de cuadrados mínimos de 5.75 brotes por cormo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.b).**

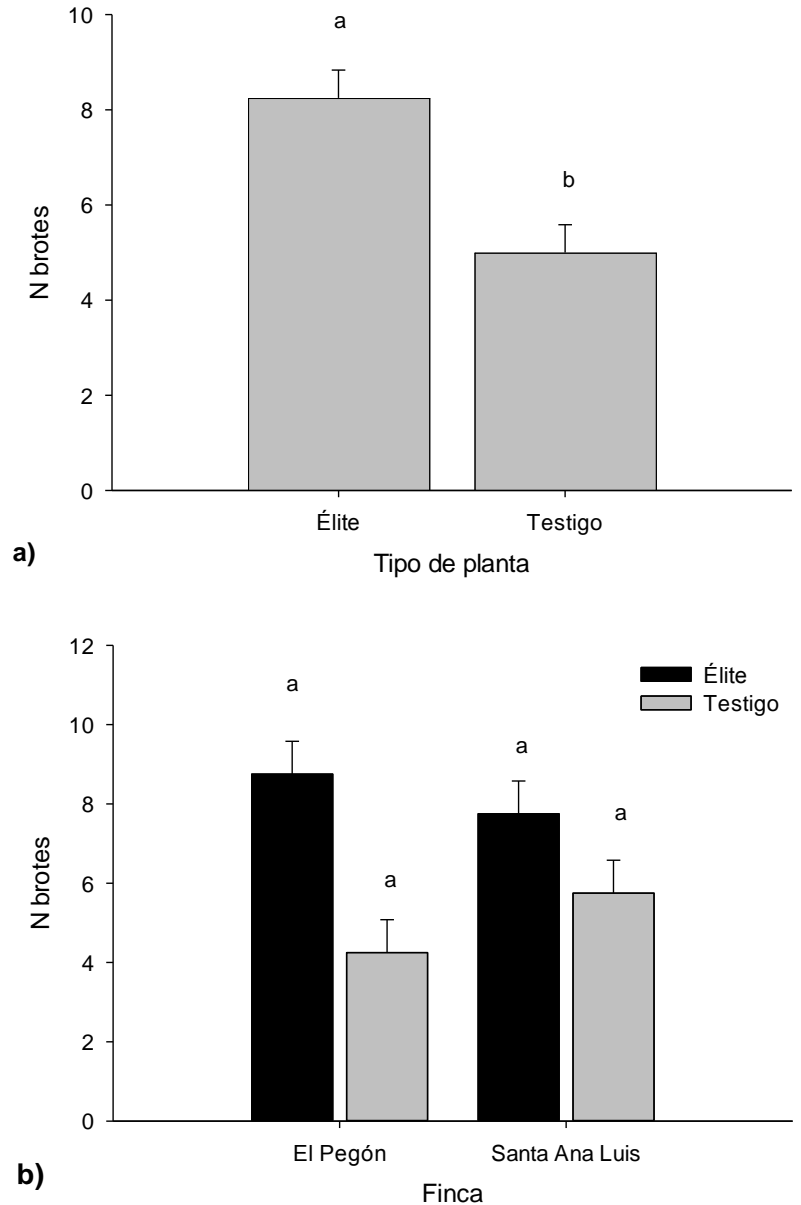


Ilustración 3 Media de cuadrados mínimos de número de brotes: a) Por tipo de planta. b) Por finca y por tipo de planta.

Nota: Medias con diferentes letras son significativamente diferentes según el método de Holm-Sidak ($P < 0.05$).

Bakelana (2005) realizó estudio con 10 variedades de banano. La medias de N brotes que reportó para FHIA-25 (NB=5.2) y Cardaba (NB=5.5) fueron similares a la media de las plantas Testigos (NB=5) del presente estudio. Las variedades FHIA-23 (NB=8.83) y BITA 3 (NB=9.92) presentaron valores similares a las plantas Élites de este trabajo de investigación (NB=8.25). Las variedades FHIA-01, FHIA-03, FHIA-21, Orishele, Saba y SH-3640 tuvieron valores superiores (NB=10.14 a 16.7). Este estudio se realizó en condiciones similares a las condiciones de cámara térmica: fueron puestas en canteros y herméticamente selladas con plástico para conservar la humedad y alta temperatura. Viendo de cerca los resultados obtenidos en el presente estudio y los presentados por Bakelana (2005), vemos que cada variedad de plátano o banano tiene capacidad diferente de brotación. Por lo que es recomendable hacer ensayos a cada variedad para conocer su potencial de brotación

Álvarez *et al.* (2013) reporta 90 brotes por $m^2 \cdot mes^{-1}$ en rangos de peso de 1 a 2 kg en condiciones de cámara térmica similares a este experimento, demostrando resultados superiores a los encontrados en este estudio (27 brotes por $m^2 \cdot mes^{-1}$ para las plantas Élites y de 15 brotes por $m^2 \cdot mes^{-1}$ para las plantas Testigo).

Se puede afirmar que el tratamiento térmico es efectivo para la producción de plátano Hartón enano libre de enfermedades. Al compararlo con los estudios de Reyes Castro *et al.* (2009) y Aguilar Maradiaga *et al.* (2004), donde también se realizo reproducción de plátano Hartón enano por el método TRAS pero en condiciones ambientales externas (sin termoterapia), vemos que el presente estudio presentó mayor producción de plantas aproximado de 100% (8 vs 4) y 33% (8 vs 6) respectivamente.

7. CONCLUSIONES

- En las dos fincas muestreadas (El Pegón y Santa Ana Luisas) se identificaron plantas Élite Hartón enano (AAB), con 9 manos y números de dedos de 52 y 53 respectivamente.
- También se tomaron plantas Testigos que presentaban entre 6 a 8 manos y 26.5 a 43 dedos. Las diferencias entre plantas Élite y Testigo fueron significativas para ambas variables.
- La media de mínimos cuadrados de N brotes por tipo de plantas fue 8.25 para las plantas Élite y 5 para las plantas Testigos, con diferencia significativa entre estas dos ($P=0.002$).
- La media de los cuadrados mínimos por tipo de plantas y por tipos de finca fueron 8.75 para elites de la finca El Pegón, 7.75 para plantas Élite de la finca Santa Ana Luis, 4.25 para plantas Testigos de El Pegón y 5.75 para plantas Testigo de Santa Ana Luis. No se encontró diferencia significativa entre las medias por finca ni entre tipo de plantas por finca.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la adopción del método de macropropagación con cortes en espiral a pequeños y medianos productores. Con este método podrán tener mejores y mayores rendimientos tanto en la producción de plantas sanas libres de enfermedades y plagas, como también en la calidad y cantidad del producto.
- En el proceso de la realización de corte en espiral se recomienda hacerlo con mucha delicadeza para evitar dañar las yemas laterales, las cuales son las que se desea exponer.
- Evitar introducir cormos infectados de plagas como el picudo negro *Cosmopolites sordidus*.
- Realizar selección de las plantas sanas para evitar introducir cormos con problemas de enfermedades por bacterias o virus.
- Realizar la desinfección de los cormos antes de introducir a cámara térmica.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, M. E., Ortiz, J. L., Guzmán, I., & Pérez, L. (2001). La embriogénesis somática: Una herramienta para el mejoramiento genético de musáceas. 47. Reunión Anual PCCMCA, San José (Costa Rica), 2-5 Abr 2001.
- Aguilar Maradiaga, M., Reyes Castro, G., & Acuña Pérez, M.. (2004). Métodos alternativos de propagación de semillas agámicas de plátano (*Musa spp.*). Guía técnica N° 1, Universidad Nacional Agraria. URL: [http://WWW.una.edu.ni/Texto/nf02 a 283 m.pdf](http://WWW.una.edu.ni/Texto/nf02_a_283_m.pdf) [accedido: 10-08-02].
- Alemán, F., Somarriba, Munguía, R. (1994). Diagnostico Fitosanitario y Económico de la producción de musáceas en el departamento de Rivas. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 98 p.
- Álvarez, E., Ceballos, G., Gañán, L., Rodríguez, D., González, S., & Pantoja, A. (2013). Producción de material de ‘siembra’limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano.
- Angarita, A. & Perea, M. (1984). Avances del proyecto “estudios orientados al control de la Sigatoka negra en plátano y banano”. Segundo informe Colciencias. [Ref. 10000-4-36-83].
- Aplari, (2013). Publicación bimestral: in boletín de la asociación de productores de plátano y guineos de Rivas. Edición 10, febrero-marzo, 2013.

Bakelana, K., (2005). Participation of farmers in the evaluation and dissemination of improved banana cultivars in Bas-Congo Province, DRC. Results of the first three years of activity. *Musafrika*, 16, 11-13.

Blanco, J. (2013). Uso de aislamientos de *Trichoderma* spp., para el control biológico de la enfermedad Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f.sp cubense) raza 1 en vitroplántulas de banano del cultivar Gros Michael (AAA) y FHIA 17 (AAAA) en condiciones de invernadero. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León).

Bioversity International. (2013, Junio). Protocolo general para la selección masal de plantas élites y superiores para mejorar la productividad de plátano largo. Protocolo elaborado en Taller Selección masal de plantas élites y superiores para mejorar la productividad de plátano largo, Armenia, Colombia.

Castellón, J. D. (2014, Mayo). ¿Qué otra semilla de banano usar? Conferencia presentada en el Segundo Foro de Musáceas, León, Nicaragua.

Canchignia, F., & Ramos, L. (2004). *Macropropagación de plátano variedad Barragante*. Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Chavarría Castillo, D., & López Montenegro, G. J. (2010). Micropropagación de ápices caulinares en plátano (*Musa* spp. AAB) cultivar Cuerno Gigante. (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional Agraria, Managua.

Crane, J. C. (enero de 1998). Los platanos en la florida. La florida.

- Dávila, I; Pastora, R., & Dens, K. (2000). Cultivo *in – vitro* para la propagación y conservación de germoplasmas de *Musa*. *Encuentro*, 32(52), 46-52.
- Dzomeku, B. M., Staver, C., Aflakpui, G. K. S., Sanogo, D., Garming, H., Ankomah, A. A. & Darkey, S. K. (2010). Evaluation of the Dissemination of New Banana (*Musa* spp.) Technologies in Central Ghana—The Role of Technology Characteristics. *Acta Horticulturae*, 879, 735-740.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). (s.f). “Macropropagación.” En Glosario multilingüe sobre recursos genéticos forestales. Roma: FAO.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). (2000) Anuario de producción vol. 54. Roma: FAO.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). (2006). Base de Datos Agrícolas: FAOSTAT. Consultado 31 Oct. 2008. Recuperado de <http://faostat.fao.org/site/343/DesktopDefault.aspx?PageID=343>
- González, Raisman & Aguirre.1999. Hormonas de las plantas. (En línea). Consultado el 10 de Diciembre del 2014. Disponible en:
<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxinas.htm#Auxins>
- Lefranc, L. M., Lescot, T., Staver, C., Kwa, M., Michel, I., Nkapnang, I. & Temple, L. (2010). Macropropagation as an innovative technology: lessons and observations from projects in Cameroon. *Acta Horticulturae*, 879, 727-733.

- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José: Editorial AgroAmérica. 522 p.
- Marín, O. J., Mass, M. J., Barrera, J. L., & Robles, J. (2008). Evaluación de extractos vegetales para el control de *mycosphaerella fijiensis* en plátano en Tierralta-Córdoba. *Temas Agrarios*, 13(1).
- Martínez, D. H. F., & Argota, S. W. (2013). Diseño de una minicadena productiva para apicultura orgánica en San Andrés Islas a través de un itinerario de ruta como herramienta de gestión e integración.
- Menjivar Barahona, R. (2005). Estudio del potencial antagonista de hongos endofiticos para el biocontrol del nematodo barrenador *Radopholus similis* en plantaciones de banano en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica.
- MIFIC, (2007). Comercio intrarregional, Managua.
- Muller, L & Sandoval, J. (1986). In vitro germplasm conservation of musa spp. In: Abstracts, VI International Congress plant Tissue and cell culture, Minnesota, United States of América. 426 pp.
- Murashige, T. (1974). Plant propagation through tissue culture. *Plant physiology*. United States of América. 135-166 pp.
- Orozco, M. C. (20-21 de octubre de 1999). Curso de actualización tecnológica en el cultivo del platano con énfasis en poscosecha.

Pérez, J. & Orellana, (1989^a). Instructivo técnico para la micropropagación in vitro del plátano. Grupo de Biotecnología Universidad Central de Villa, Cuba. 13 pp.

Reyes Castro, G., Rivers Carcache, E., Corea Narváez, H., García Loáisiga, R., (2009). Experiencias de las aplicación comercial de la técnica de reproducción acelerada de semilla (TRAS) en plátano en Rivas y Nandaime. *La Calera*, 9 (13), 50-54.

Sánchez Reyes, C. (2005). *Cultivo y producción de plátanos*. Perú: Ediciones Ripalme.

Sandoval, J. Brenes, G. & Pérez, L. (1991). Micropropagación de plátano y banano (Musa AAB, AAA) en el CATIE. Turrialba: CATIE. 29 pp.

Simmonds, N. W. (1973). *Los plátanos*. Barcelona: Blume.

Simmonds, W. (1962). *The evolution of bananas*. Londres: Longmans.

Vásquez, C., Orozco, A., Sánchez., E & Cervantes, V. 2000. La reproducción de las plantas: Semillas y meristemas (en línea). Consultado el 15 de Noviembre del 2013. Disponible en:

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_6.htm

Velázquez, M., González, A., Mata, F., de Sierralta, S. L., Esparza, D., & Ramírez, M. (2004). Tipo de sombreado y tiempo de crecimiento de brotes laterales sobre la viabilidad de explantes de *Annona muricata* L. *Rev. Fac. Agron. Luz*, 21, 12-18.

Vuylsteke, D. & De Langhe, E. (1984). Feasibility of in vitro propagation of bananas and plantains. *Tropical Agriculture*. Trinidad. Vol. 62. N° 4. 323-328 pp.

10. ANEXOS

Anexo 1. Ventajas de la propagación en cámara térmica vs. Método convencional

Cámara térmica	Método Convencional
<ul style="list-style-type: none"> • Usa semilla de tamaño uniforme. • Al emplear materiales Élites desde la propagación <i>in vitro</i>, se excluye la presencia de microorganismos fitopatógenos. • Facilita el manejo de problemas fitosanitarios transmitidos por la semilla. • El primer ciclo del cultivo se puede reducir hasta en 2 meses, dependiendo del piso térmico. • El sistema de producción es automatizado y tecnificado. • Hay disponibilidad constante de material de siembra durante el año. • Se articula fácilmente al programa de certificación de semilla. • Permite proteger los brotes y las plantas con microorganismos benéficos: bacterias promotoras del crecimiento radial (PGPR), <i>Trichoderma</i> spp y micorrizas. • Hay facilidad de transporte • Semilla de calidad y bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emplea cormos de diferente tamaño • Fácil diseminación de fitopatógenos debido al desconocimiento de la sanidad del material de siembra. • Sigue el ciclo de cultivo normal, que depende del piso térmico. • El sistema de producción del material de siembra es muy variable. • La disponibilidad de la semilla es limitada. • Impide una certificación fácil del material de siembra por el volumen y el tamaño variable de la semilla. • El corno que se utiliza no tiene sistema radical, ni tampoco la protección con microorganismos benéficos. • Se requieren mayores volúmenes de semilla, aumentan el precio de la semilla y el valor del transporte.

Anexo 2. Criterios para la selección de la finca para coleccionar plantas superiores según Bioversity International (Bioversity International, 2013)

Es de suma importancia que las fincas que sean escogidas para la selección de plantas cumplan con los siguientes requisitos:

1. Considerando que el primer ciclo de producción es el más productivo en plátano, se deben seleccionar lotes de primera cosecha. Esto también evitaría problemas de degeneración de material genético
2. Tamaño de la finca, se debe considerar el tamaño promedio de la finca que oscila entre 1 a 5 ha en promedio. Consecuentemente lotes menores de 1 ha de plátano no deben ser considerados, ya que los grados de libertad de encontrar plantas superiores puede ser muy bajo.
3. La densidad de población del lote debe situarse en el patrón normal usado en la zona. Por lo general las fincas tienen una densidad entre 2000 a 3000 plantas por ha. Por lo tanto fincas en altas densidades por arriba de 3500 a 4000 plantas deben ser descartadas al igual que fincas con bajas densidades inferiores a 2000 plantas por ha.
4. Es conveniente tomar datos del tipo de suelo de los lotes a seleccionar, considerando grado de fertilidad, suelos pesados o francos, así como condiciones de drenaje, debido a que estos factores pueden afectar la respuesta de la planta.
5. El manejo de la finca, tales como fertilización, manejo de plagas y enfermedades, irrigación. Consecuentemente fincas abandonadas y con mal manejo no son aptas.

Anexo 3. Criterios de selección de planta Élite según Bioversity International

(Bioversity International, 2013)

- Condición indispensable que la planta este parida o florecida y que exponga todo su potencial productivo. Esto implica que la planta haya finalizado la emisión de manos.
- La planta tiene que estar libre de síntomas de virus (CMV y BSV debido a que los virus se transmiten por vías de micro-propagación).
- La planta tiene que ser típica del cultivar a seleccionar, para evitar seleccionar plantas atípicas, es conveniente no seleccionar lotes donde hay mezcla de cultivares, por otro lado no se deben seleccionar plantas falso cuerno, ya que tienen más dedos que los cuernos o machos y esto puede confundir a qué tipo de planta a seleccionar.
- Evitar plantas que presentan defectos morfológicos o variantes. Estas son plantas que presentan disposición de hojas anormal, fenómeno de roseta o comúnmente llamado arrellamiento, plantas con sobre exposición del corno o embalconamiento, plantas con pseudotallos delgados y fisuras (rajaduras).
- La variable de producción más robusta en la selección de plantas superiores en plátano es el número de dedos por racimo. Se estima que en plátano Enano y planta superior perteneciente al grupo Cuerno debe oscilar entre 40-45 dedos por racimo.
- El largo de los dedos debe de alcanzar los requisitos de exportación, que requiere un mínimo de 10 pulgadas y calibre de 40 a 45 mm de grosor en la penúltima mano.
- La planta Élite tiene que tener altura promedio de la variedad, pero es deseable que sea una planta de menor altura, ya que facilita las prácticas de manejo de la planta y de cosecha, asimismo, es una planta menos susceptible al volcamiento por vientos.
- Prueba de anclaje, esta prueba se realiza rápidamente y consiste en abrazar la planta a una altura de 1.30-1.50 m de altura y moverla con fuerza en ambas direcciones con el objeto de conocer su anclaje. Plantas con mal anclaje tienen a ceder y se producen rompimientos de corno o pseudotallo, así como rotura de raíces cuando están afectadas por picudos y nematodos. Las plantas con buen anclaje se mantienen firmes y no ceden a la presión.
- La presión de enfermedades una planta Élite es más robusta y por lo general tiene mayor número de hojas funcionales y menos presión enfermedades, principalmente de Sigatoka

negra, Cordana, y plagas del suelo. Esta medición se realiza por simple inspección comparando la presión de enfermedades de plantas normales.

- Capacidad de ahijamiento, es deseable que una planta Élite tenga una buena capacidad de ahijamiento y que la altura del hijo este sincronizado para dar una segunda cosecha en un período de 3 a 5 meses después del primer corte. Es importante destacar que en plátano lo ideal es la primera cosecha y que la segunda y tercera son racimos de menor peso y calidad que la primera.
- Mediciones de parámetros de vigor de planta Élite, tales como: número de dedos, largo y calibre de dedos, número de manos, altura de la planta, circunferencia del pseudotallo a 1 m de altura, altura de los hijos, número de hijos.

Anexo 4. Elaboración artesanal de cámara térmica

- Para el ensayo se utilizaron reglones de 2x2 con diferentes medidas: 4 de 3 m, 4 de 2 m, 4 de 1.5 m y de 1.5 m esto para el marco de madera.
- Luego se procedió a realizar las camas donde se colocaron los cormos o hijos de plátanos para esto se utilizó arena para hacer la cama y luego se forro con plástico negro; ya terminadas las camas se le incorpora aserrín que es donde se colocaron los cormos.
- Para continuar la construcción de la cámara se forro con plástico transparente hasta quedar completamente cerrada para evitar la entrada de plagas y para retener un microclima controlado.
- Para evitar que las plantas se quemen por las altas temperaturas se instaló una caseta con techo de palmas de coco esto con el fin de reducir las altas temperaturas.



a)



b)



c)

Ilustración 4 Elaboración artesanal de cámara térmica.

a) Marco de cámara térmica, b) Marco forrado de cámara térmica, c) Cámara térmica finalizada.

Anexo 5. Pasos para la preparación de los cormos o hijos

- Lo primero es la elaboración del mondado de los cormos o semilla para quitar todo tipo de suciedad y eliminar las raíces como también para eliminar larvas de picudos.
- Una vez hecho el mondado se procedió a eliminar las láminas del pseudotallo una por una hasta dejar expuestas las yemas las cuales están ubicada en la base de cada unión de las hojas. Se corta en la base con una navaja, bisturí o cuchillo, este proceso se debe hacer con mucho cuidado para no dañar ninguna yema axilar.
- Ya expuestas las yemas se procedió a matar el punto de crecimiento de los cormos el cual es el centro del cormo y se realizó haciendo un corte en forma de cruz. Con este corte vamos a impedir que el hijo crezca el cual absorbería todos los nutrientes del cormo, por lo que con el corte en forma espiral las yemas expuestas crecerán a los lados y así tendrán los nutrientes necesarios para su desarrollo.



a)



b)



c)

Ilustración 5 Pasos para la preparación de los cormos o hijos.

a) Mondado del cormo y corte del pseudotallo, b) Eliminación del crecimiento apical y exposición de las yemas axilares, c) Desinfección de cormos antes de introducir a cámara térmica.