



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
ESCUELA DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRONÓMO**

TEMA:

“Enraizamiento *in vitro* y aclimatación en invernadero de dos cultivares de plátano *Musa AAB*: Barraganete y Curaré”

AUTORA:

Ana Karen Moreira Mieles

TUTORA:

Ing. Liliana Corozo Quiñonez

SANTA ANA – MANABI – ECUADOR

2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**Tema: “ENRAIZAMIENTO *IN VITRO* Y ACLIMATACIÓN EN INVERNADERO DE
DOS CULTIVARES DE PLÁTANO *MUSA AAB*: BARRAGANETE Y
CURARÉ”**

TESIS DE GRADO

Sometida a consideración del Tribunal de Seguimiento y Evaluación, legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Ing. Fredy Santana Parrales Mg. Eds

Ing. George Cedeño García Mg. Sc.

Ing. Francisco Arteaga Alcivar Mg. Sc.

CERTIFICACIÓN

Ing. **Liliana Corozo Quiñónez** Mg. Sc. Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

Certifica:

Que el trabajo de titulación “**ENRAIZAMIENTO *IN VITRO* Y ACLIMATACIÓN EN INVERNADERO DE DOS CULTIVARES DE PLÁTANO *MUSA AAB*: BARRAGANETE Y CURARÉ**” es trabajo original realizado por la estudiante **ANA KAREN MOREIRA MIELES**, el cual fue realizado bajo mi tutoría.

Ing. Liliana Corozo Quiñónez Mg. Sc.
TUTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN

Dr. **Eduardo Héctor Ardisana PhD**, Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

Certifica:

Que el trabajo de titulación “**ENRAIZAMIENTO *IN VITRO* Y ACLIMATACIÓN EN INVERNADERO DE DOS CULTIVARES DE PLÁTANO *MUSA AAB*: BARRAGANETE Y CURARÉ**” es trabajo original realizado por la estudiante **ANA KAREN MOREIRA MIELES**, el cual fue realizado bajo mi revisión.

Dr. Eduardo Héctor Ardisana PhD.
REVISOR DE TESIS

AUTORÍA

La responsabilidad de las ideas, resultados y conclusiones de la presente investigación, corresponden únicamente a la autora.

ANA KAREN MOREIRA MIELES

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada principalmente a Jehová Dios, por darme la vida y permitirme culminar este proceso de formación.

A mis padres Freddy Leonel Moreira Párraga y Ana Yoconda Mieles Ronquillo, por el apoyo incondicional y en especial a mi mamá, mi todo por enseñarme a nunca rendirme.

A mi mami Fanny mi amor por siempre, que fue un pilar fundamental en mi vida para cumplir esta meta.

A mi papi Tomás y mi abuelito Adalberto que estuvieron ahí con su cariño y consejos para perseguir mi meta.

Ana Karen

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Jehová por darme vida, por guiarme en toda mi etapa académica y por permitirme conocer personas maravillosas.

A mis padres Freddy Leonel Moreira Párraga y Ana Yoconda Mieles Ronquillo a quienes amo con mi vida agradezco su amor absoluto, en especial a mi mamá por darme las fuerzas y motivaciones necesarias para seguir.

A mi mami Fanny, quien con su amor me aconsejó y enseñó a ser una persona de bien fue y siempre será uno de mis mejores regalos de vida, lo más bello que Jehová me permitió tener.

A mis hermanos Israel Moreira Mieles, Bruno Moreira Mieles y Anthony Moreira Mieles y a mi sobrino Thiago Moreira a quienes amo con mi alma.

A mi enamorado Adolfo Acosta la persona que amo, le agradezco su amor incondicional, sus enseñanzas y consejos.

A Jokasta Macías Mieles mi hermana de corazón a quien amo y agradezco infinitamente por estar siempre en las buenas y malas.

A mi directora de tesis la Ing. Liliana Corozo Quiñonez a quien aprecio mucho, le agradezco enormemente su apoyo, su paciencia, por ilustrarme con sus conocimientos y sobre todo por brindarme su amistad.

A la Ing. Fátima Macías, cómo no estimarla, le agradezco sus enseñanzas en el laboratorio y paciencia en todo este trayecto.

Mi gratitud enorme hacia mi compañero Luis Saltos, quien me ayudó generosamente con sus conocimientos estadísticos.

A mi Revisor de Tesis el Dr. Héctor Ardisana, agradezco sus sugerencias en el presente trabajo investigativo.

Por último y sin desmerecer quiero dar gracias a mis profesores por sus enseñanzas en cada ciclo de mi carrera universitaria, tales como al Ing. Sixto Clemente Muñoz, Ing. Miltón Pinoargote, Ing. Freddy Santana, Ing. Francisco Arteaga, Ing. Liliana Corozo, Ing. Fátima Macías, Ing. Edison Cuenca, Ing. Leonardo Solís.

También a todos los buenos amigos que en esta etapa conocí y los cuales valoro mucho como Pamela Cobo, María José Macías, Jairo Menéndez, Luis Mendoza, Diego Mero, Damián Macías, Daniel Pico, al Ing. Jorge Angamarca y al Ing. Robinson Ceme.

Y además a las personas que forman parte de la administración de la Facultad tales como la Sra. Narcisa García, la Lcda. Juliana Ceballos, la Lcda. María Cecilia Fernandez, el Sr. Ramón Almeida, el Bibl. Alejandro Barcia y el Sr. Julio Mera por ser siempre amables en todo.

Ana Karen

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo durante los meses de abril – agosto de 2017 en el laboratorio de Biotecnología e invernaderos de la Facultad de Ingeniería agronómica de la Universidad Técnica de Manabí cuyo propósito fue evaluar la respuesta de dos cultivares de plátano (Barraganete y Curaré) al enraizamiento *in vitro* y aclimatación en condiciones de invernadero. El ensayo estuvo dividido en dos experimentos: el primer experimento consistió en el enraizamiento *in vitro* de los dos cultivares plátano que se desarrollaron en medio de cultivo Murashige & Skoog (MS) suplementado con Ácido Indol butírico (IBA) + Carbón Activado (CA) en diferentes concentraciones y combinaciones, manteniendo los cultivos a una temperatura de 26 ± 2 °C y un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad durante 30 días , mientras el segundo experimento se basó en la aclimatación *ex vitro* de ambos cultivares bajo condiciones de invernadero, en el cual las vitroplantas fueron sembradas en bandejas germinadoras utilizando como sustrato turba estéril. En condiciones *in vitro* el desarrollo del sistema radicular de Barraganete y Curaré incrementa cuando las explantos se sembraron en medio de cultivo MS con 0.3 mg/l IBA + 1g/l de CA, a diferencia de la altura de vitroplantas, diámetro de pseudotallo y numero de hojas que no fueron afectadas por la injerencia de IBA y CA. En la aclimatación *ex vitro*, los cultivares Barraganete y Curaré mostraron un comportamiento semejante cuando estuvieron sometidos a las mismas condiciones de manejo exhibiendo una sobrevivencia de 99,2 y 99,4%, respectivamente.

Palabras claves: Plátano cvs Barraganete y Curaré, Acido Indol butírico (IBA), Carbón Activado (CA), Enraizamiento, Aclimatación

SUMMARY

The present investigation was carried out during the months of April - August of 2017 in the laboratory of Biotechnology and greenhouses of the Faculty of agronomic Engineering of the Technical University of Manabí whose purpose was to evaluate the response of two plantain cultivars (Barraganete and Curaré) to *in vitro* rooting and acclimation in greenhouse conditions. The trial was divided into two experiments: the first experiment consisted in the *in vitro* rooting of the two plantain cultivars that were grown in Murashige & Skoog (MS) culture medium supplemented with Indole butyric acid (IBA) + Activated carbon (AC) in different concentrations and combinations, maintaining the cultures at a temperature of 26 ± 2 °C and a photoperiod of 16 hours of light and 8 of darkness for 30 days, while the second experiment was based on the *ex vitro* acclimation of both cultivars under greenhouse conditions, in which the vitroplants were seeded in germination trays using sterile peat as substrate. Under *in vitro* conditions, the development of the root system of Barraganete and Curaré increases when the explants were planted in MS culture medium with 0.3 mg / l IBA + 1 g / l of CA, unlike the height of vitroplants, diameter of pseudostem and number of leaves that were not affected by the interference of IBA and CA. In the *ex vitro* acclimation, the Barraganete and Curaré cultivars showed a similar behavior when they were subjected to the same management conditions, exhibiting a survival of 99.2 and 99.4%, respectively.

Keywords: Cvs Barraganete and Curaré banana, Indole butyric acid (IBA), Activated carbon (AC), Rooting, Acclimatization

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. OBJETIVOS	6
4.1 General.....	6
4.2 Objetivos Específicos.....	6
5. MARCO REFERENCIAL	7
5.1 Origen y evolución.....	7
5.2 Genética del plátano	8
5.3 Taxonomía	8
5.4 Importancia del cultivo de plátano.....	9
5.5 Importancia de la técnica del cultivo <i>in vitro</i> en plátano	11
5.5.1 Fase de enraizamiento <i>in vitro</i> de brotes de plátano y preparación para su trasplante.....	12
5.5.2 Fase de aclimatación de plantas obtenidas <i>in vitro</i> a condiciones naturales.....	13
6. DISEÑO METODOLÓGICO	15
6.1 Ubicación.....	15
6.2 Metodología	15
6.2.1 Fase de enraizamiento <i>in vitro</i> de dos cultivares de plátano establecido en condiciones de laboratorio	15
6.2.1.1 Variables y métodos estudiados en fase de enraizamiento <i>in vitro</i>	17
6.2.2 Fase de aclimatación bajo condiciones de invernadero	18
6.2.2.1 Variables y métodos estudiados en la fase de aclimatación:.....	18
7. DISEÑO EXPERIMENTAL	20
7.1 Fase de enraizamiento <i>in vitro</i>	20
7.2 Fase de aclimatación.....	21
7.3 Análisis estadístico.....	21
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
8.1 Fase enraizamiento <i>in vitro</i>	22
8.1.1 Enraizamiento (%)	22
8.1.2 Número de hojas	24
8.1.3 Altura de planta (cm)	26
8.1.4 Diámetro del pseudotallo (mm)	27
8.1.5 Longitud de raíces (cm).....	30
8.2 Fase de aclimatación bajo condiciones de invernadero	32
8.2.1 Altura de planta (cm)	32

8.2.2	Sobrevivencia (%).....	34
8.2.3	Emisión foliar.....	35
8.2.4	Presencia de raíces.....	36
9.	CONCLUSIONES.....	37
10.	RECOMENDACIONES.....	38
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	39
12.	ANEXO.....	48
	Anexo 1. Análisis de varianza para porcentaje de enraizamiento.....	48
	Anexo 2. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de las medias de Porcentaje de Enraizamiento (Cultivar x medio de enraizamiento).	48
	Anexo 3. Análisis de varianza para Número de hojas.....	49
	Anexo 4. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de las medias de Número de Hojas (Cultivar x medio de enraizamiento).	49
	Anexo 5. Análisis de varianza de altura de planta.....	50
	Anexo 6. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de medias de altura de planta con diferentes medios de enraizamiento.....	50
	Anexo 7. Análisis de varianza de Diámetro de Pseudotallo.....	51
	Anexo 8. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de medias de Diámetro de Pseudotallo (Cultivar x medio de enraizamiento).	51
	Anexo 9. Análisis de varianza para longitud de raíz.....	52
	Anexo 10. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de medias de Longitud de raíz (Cultivar x medio de enraizamiento).	52
	Anexo 11. Correlación de Pearson para la relación de las variables diámetro de pseudotallo y altura de planta.....	53
	Anexo 12. Prueba de t-student para la comparación de medias de altura de planta 20 DDS.....	53
	Anexo 13. Prueba de t-student para la comparación de medias de altura de planta 40 DDS.....	54
	Anexo 14. Prueba Kaplan-Meier (Estadístico de prueba Log Rank) para supervivencia de cultivares de plátano a la aclimatación.....	54

1. INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa AAB*), ocupa a nivel mundial el cuarto lugar de los cultivos más importantes, siendo Ecuador el segundo país exportador (17%), convirtiendo al país en uno de principales proveedores de plátano en el mundo (Proecuador, 2015), información que se ve reflejada en la producción mundial del año 2014, la misma que aumentó 1.93% con respecto al año 2012 (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca, 2014).

En el país la importancia del cultivo radica, en que es parte de la dieta alimenticia de la mayoría de la población, siendo el principal producto en la cesta alimenticia y el ingrediente primordial de comidas tradicionales especialmente en la región Costa, además del aporte socio-económico para miles de familias involucradas en el proceso productivo del cultivo. Reportes del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), indican que, en el año 2014, se cultivaron a nivel nacional alrededor de 123,355 hectáreas de plátano con una producción anual de 675,538 TM, de las cuales el 40,91% corresponde a la provincia de Manabí (Proecuador, 2015). Cabe mencionar que según Orellana *et al.* (2002), la zona de mayor producción en el país es conocida como el triángulo platanero, la misma que involucra a las provincias de Manabí (52.612 TM/Ha), Santo Domingo de los Tsáchilas (14.249 TM/Ha) y los Ríos (13.376 TM/Ha).

De acuerdo con Robinson y Galán (2012), en las últimas tres décadas en el mundo, se ha reducido rápidamente la utilización de hijuelos de plátano, como material de propagación. Su importancia comercial está por desaparecer en países productores como Israel, Taiwán, Sudáfrica y las Islas Canarias. Es más habitual encontrar plantaciones con el uso de hijuelos en países subdesarrollados (Ecuador, Venezuela, Colombia, República Dominicana, entre otros) donde sus agricultores no se acostumbran al uso de nuevos métodos de propagación, lo que predispone a la plantación a presentar problemas sanitarios.

Es un hecho reconocido que el hombre ha usado las Musáceas comestibles como alimento por miles de años contribuyendo en la dieta básica de numerosos pueblos en los trópicos y subtropicos (Román, 2012). Al respecto conviene mencionar que por la importancia que representa este cultivo en el mundo, existe la necesidad de optimizar la productividad y la

calidad mediante nuevas tecnologías (Uzcátegui *et al.*, 2010), siendo la propagación *in vitro* de plantas una técnica que establece de manera aséptica el explante de interés a introducir, conllevando a una etapa de multiplicación de los propágulos luego el enraizamiento y por último la aclimatación de las vitroplantas a un ambiente *ex vitro* (Luna *et al.*, 2010).

Con lo mencionado en el párrafo anterior, cabe precisar que la fase de enraizamiento es una etapa sustancial, luego de obtener los sub-cultivos necesarios en la micropropagación, en la cual, el empleo de auxinas regula un importante número de funciones fisiológicas mientras que el uso de carbón activo favorece la emisión de raíces (Recalde, 2007; Medina *et al.*, 2015). Mientras que, en la fase de aclimatación, es importante señalar que se establece en invernadero y que las plantas que inicialmente son producidas en condiciones *in vitro* muestran pobre desarrollo cuticular, sus estomas no son funcionales, presenta un sistema radicular débil y un crecimiento lento. En definitiva, son menos eficientes para realizar fotosíntesis teniendo dificultad para adaptarse al ambiente *ex vitro*, de tal forma que es conveniente gradualmente ir acondicionando a las vitroplantas a las condiciones ambientales para inducir su desempeño autotrófico (Luna *et al.*, 2010).

De lo expuesto anteriormente, se deduce la importancia de adoptar otras formas para obtener semillas de origen asexual, tales como la propagación masiva de plantas *in vitro*, la cual se basa en el cultivo de tejidos, asegurando la disponibilidad de material de siembra para los agricultores para un sistema agrícola sostenible y resiliente

2. ANTECEDENTES

Murashige y Skoog (1962) propusieron que la formación de órganos en las plantas se debe al balance existente entre las citoquininas y las auxinas. Usando cultivos de tabaco, demostraron que un balance alto de auxinas favorecía la formación de raíces, mientras que un balance alto de citoquininas favorecía la formación de callos.

Posteriormente Murashige (1974) destacó la utilidad de la secuencia de los eventos asociados con el manejo de las plantas del cultivo *in vitro* como la iniciación o establecimiento seguido de la multiplicación y por consiguiente el enraizamiento, teniendo como objetivo producir una planta autotrófica que pueda sobrevivir en las condiciones del trasplante del suelo.

Muchas investigaciones se han realizado referente a la fase de enraizamiento y aclimatación en diversas especies vegetales, es por ello que Orellana (1997) resaltaba que entre los factores químicos y físicos que favorecen al enraizamiento *in vitro*, destacan: el estrés hídrico, la alta temperatura, la baja intensidad de luz y el uso de carbón activo. Sin embargo, los primeros reportes de plantas del género *Musa* producidas por cultivo *in vitro* vinieron de Taiwán y China a principio de los años 70 (Robles & Mora, 1993, citado por Cedeño, 2015). A partir de 1980, un amplio rango de especies y cultivares de *Musa* han sido propagadas con éxito mediante el cultivo *in vitro* de ápices.

El enraizamiento *in vitro* del cultivar Hartón Gigante de plátano, realizado por Sunshine *et al.* (2010) con el uso de medio sólido con y sin la aplicación de carbón activo, mostró como resultados mayores valores en las variables número de hojas, número de raíces y longitud máxima de las mismas con la aplicación de carbón activado (2 g/l). Los autores antes mencionados concluyen que los resultados obtenidos, fueron similares a los reportados por Olivera y Silvia (1997), Gubbuck y Pekmezci (2006), quienes comparten que los clones de *Musa* enraízan simplemente en medio de cultivo MS sólido básico y con la adición de carbón activado. Y por último señalan que Castro *et al.* (2002) difiere de lo anterior, debido a que el mayor porcentaje de enraizamiento de banano “Giant Cavendish” se obtuvo en medio de cultivos sólidos suplementados con auxinas.

Por otra parte, Canchignia *et al.* (2008) realizaron propagación *in vitro* de plátano var. Maqueño y en las fases de aclimatación y enraizamiento *ex vitro* de las vitroplantas obtuvieron

respuestas favorables con mayor número de plantas adaptadas en el sustrato de tierra de campo, además concluyeron que bajo condiciones de invernadero no se requiere adicionar auxinas para enraizar, ya que estas especies tienen la capacidad de sintetizar sus propias auxinas. En este orden de ideas, Basail *et al.* (2013) señala que la automatización en la micropropagación de plantas proveerá un mejor comportamiento de vitroplantas *ex vitro* por mayor metabolismo autotrófico durante la fase *in vitro* lo que permite mayor tasa de supervivencia.

3. JUSTIFICACIÓN

Las tendencias de la biotecnología tienen cada vez mayor espacio para contribuir a la mejora de la producción de los alimentos, en consideración con el aumento de la población, es así como las técnicas biotecnológicas empleadas en el género *Musa* tienen como propósito, obtener plantas con porcentajes altos de tolerancia o resistencia a virus, plagas y enfermedades además de aumentar el tamaño del fruto y mejorar el rendimiento en relación a otras variedades comerciales existentes (Canchignia *et al.*, 2008).

El plátano por ser un cultivo clónico no puede reproducirse por medios naturales (sexual). Los propágulos utilizados para la propagación asexual transmiten patógenos sistemáticos y vasculares, a consecuencia de la agresividad de enfermedades representativas de este cultivo, y los costos empleados para el manejo. Estos factores conducen a la necesidad de dar soluciones inmediatas mediante la aplicación del cultivo de tejidos vegetales logrando con ello la micropropagación masiva y rápida de plantas sanas, homogéneas y de alta calidad genética y sanitaria en cualquier época del año (Luna *et al.*, 2010; Ulloa, 2012).

Según Hoyos *et al.* (2008), a través de técnicas de micropropagación es posible obtener una producción de plantas a gran escala, esto implica la formación inicial de brotes o yemas adventicias, su desarrollo caulinar y radicular y continuar con el proceso de climatización *ex vitro*.

Sandoval (1991), indica que la aclimatación de plantas producidas por cultivos de tejidos es una de las etapas más importantes de la micropropagación, considerándola una fase crítica, siendo necesario desarrollar metodologías de adaptación para lograr un alto porcentaje de sobrevivencia a un bajo costo. La reducción gradual de la humedad relativa es importante, lo que permite el endurecimiento de la cutícula y la pérdida de agua (Criollo, 2016).

Por esta razón la presente investigación tiene como finalidad inducir el enraizamiento *in vitro* de dos cultivares de plátano (Barraganete y Curaré) establecidos en el laboratorio de cultivos de tejidos y complementar el ensayo con la aclimatación de vitroplantas bajo condiciones de invernadero.

4. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar la respuesta de dos cultivares de plátano *Musa AAB*: Barraganete y Curaré al enraizamiento *in vitro* y aclimatación en condiciones de invernadero.

4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el mejor tratamiento para el enraizamiento *in vitro* de dos cultivares de plátano.
2. Aclimatar bajo condiciones de invernadero los cultivares de plátano obtenidos del enraizamiento.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Origen y evolución

El plátano tiene su origen en el Sudeste Asiático, de Malaya, de las grandes islas de Malasia (León, 1968; Palencia *et al.*, 2006) y del Pacífico en el cual se puede hallar ejemplares ancestrales diploides no comestibles y con semillas (Robinson *et al.*, 2012), se originaron a partir de cruza intra e inter-específicas *Musa acuminata* Colla (genoma A) y *Musa balbisiana* Colla (genoma B) cuyo sistema de nomenclatura fue descrito por Norman Simmonds y Kenneth Shepherd en 1995 (Medina *et al.*, 2009).

No se sabe cuándo fue el establecimiento de los clones híbridos en la periferia en su centro de origen, pero se presume que pudo haber ocurrido en tiempos prehistóricos, aunque los primeros registros de su cultivo datan en la India hace unos 2500 años (Robinson *et al.*, 2012).

En la evolución de los plátanos y bananos cultivados, entre los factores implicados están la poliploidía, esterilidad y partenocarpia, posiblemente de estos el más importante ha sido la esterilidad, porque pudo presentar mutaciones en diploides teniendo como resultado un fruto sin semillas, seguido de la partenocarpia que provocó la formación de un tejido carnoso en los espacios ocupados por óvulos y placentas y finalmente la poliploidía que determina el tamaño del fruto, teniendo células más grandes que los diploides (León, 1968).

Y como otro elemento en la evolución del plátano se suma la selección e intervención del hombre como un factor casual, propagando clones por su tamaño y sabor (León, 1968) y así fueron seleccionando plantas superiores comestibles de *M. acuminata* que pasaron a ser cultivadas, propagadas y distribuidas localmente como un cultivo de subsistencia (Robinson *et al.*, 2012).

5.2 Genética del plátano

La composición genética muestra las características de los diferentes cultivares que difieren entre sí, por ejemplo el genoma del plátano está conformado por 11 cromosomas y un total de 500 a 600 millones de pares de bases siendo la mayoría de las variedades triploides y solo un grupo mínimo de los óvulos producidos por las flores de las plantas triploides son capaces de ser fertilizados, si las flores se fecundan con polen de una especie o variedad diploide la descendencia será primordialmente tetraploides (Simmonds, 1996; Camayo, 2015).

De acuerdo a su importancia económica, existen Musáceas (bananos y plátanos) triploides (AAA, AAB, ABB), diploides (AA, BB) y tetraploides (AAAA, AAAB, AABB), los principales cultivares comerciales son los triploides, altamente estériles y partenocárpico, los cuales son comestibles en su totalidad (Medina *et al.*, 2009; Angarita 1991). Los clones AAA son los bananos con muy bajos contenidos de almidones, pero mayor contenido de azúcares; los AAB son los plátanos de tipo hartón con dominancia acuminata; por último, el clon ABB son plátanos con dominancia balbisiana con alto contenidos de almidones y bajo de azúcares (Angarita *et al.*, 1991).

5.3 Taxonomía

La nomenclatura en Musáceas de frutos comestibles es muy confusa dado a sus nombres técnicos o comunes, los más conocidos son banano, plátano y guineo, siendo los plátanos angulosos y de fruta dura (León, 1968).

Las Musáceas cultivadas por sus frutos corresponden a dos secciones: Eumusa y Australimusa, se distinguen por sus brácteas de la inflorescencia; unas opacas y con el ápice doblado en la primera; lisas y rectas en la segunda, también por la posición de los racimos, pendientes Eumusa y erectos Australimusa. Eumusa tiene 11 cromosomas, la mayoría de los clones cultivados pertenecen a esta sección, donde pertenece a un grupo altamente complejo, son diploides, triploides y tetraploides, pero en América se siembran primordialmente los triploides y en los trópicos de Asia y Malasia se producen los tres (León, 1968).

Clase: Monocotiledoneas

Orden: Escitamineas

Familia: Musaceae

Subfamilia: Musoidea

Género: Musa

Especie: Acuminata y Balbisiana

Sección: Eumusa (Descrito por Simmonds, 1966) (Romero, 2011).

5.4 Importancia del cultivo de plátano

Álvarez y. (2013) señalan que, los plátanos y bananos tienen gran importancia por su aporte a la seguridad alimentaria y a la contribución socioeconómica, en efecto crea fuentes de empleos e ingresos a países en desarrollo. Es así como Heit (2009), indica que es fuente de ingreso en especial para América Latina, Asia y África.

El plátano es uno de los alimentos más básicos dentro de la dieta de la población, es necesario recalcar que constituye una significativa fuente de carbohidratos y se consume de varias formas acorde a las costumbres de cada país (Roldan, 2002), por ello es de gran aceptación en mercados internacionales siendo el cuarto cultivo más importante del mundo, aportando divisas y fuentes de empleos al sector campesino (Palencia *et al.*, 2006).

Ahora bien, el crecimiento del mercado mundial acorde a la producción y el comercio tiene dependencia directa con la evolución poblacional, a partir de esto la FAO (2014), reporta el consumo mundial per cápita de Musa para el año 2014 ascendió a 10,2 kg/habitante/año, ocupa entre las exportaciones mundiales el primer lugar entre las frutas frescas como en volumen y valor. Entre los países principales productores está India con 25 millones de toneladas, luego China (con un incremento del 5.9% anual en la última década) con 10,6 millones y en tercer lugar Filipinas con 9 millones. En lo que concierne a América, Ecuador y Brasil se encuentran con 7 millones de toneladas cada uno seguido por Guatemala, México, Costa Rica y Colombia. Como producto de exportación Ecuador participa con el 12.3% de las exportaciones mundiales, Filipinas el 16% y así Costa Rica, Guatemala y Colombia (Molina, 2016).

En Ecuador, el plátano es el principal componente de la canasta familiar básica en la Región Costa ya que es el ingrediente primordial de platos tradicionales, su uso es únicamente culinario y su preparación es diversa como por ejemplo; cocido, frito, asado o al horno y como ingrediente de ciertas sopas. En la Industria es muy deseado ya que es el principal ingrediente para la elaboración de chifles, empanadas y la elaboración de harinas (Proecuador, 2015).

Es necesario recalcar que la producción en la Región Litoral, en las zonas de climas cálidos ha ido incrementando con relación al año 2012 donde tuvo una caída del área cultivada, ese año tuvo una superficie sembrada de 114,272 ha de superficie plantada y una cosecha de 91,778 ha a diferencia del año 2014 que aumento a 159,014 ha de superficie plantada y con una producción de 127,915 (Proecuador, 2015). Asimismo, Agrocalidad (2014), concierta con la tendencia del incremento de plátano nacional para el año 2014 con 27.36% de la producción.

En investigaciones hechas por Proecuador (2015), manifiesta que las zonas con mayor volumen de producción de plátano en Ecuador son: la Región Costa con 59%, Región Sierra con 28% y Región Amazónica 13%, siendo el cantón El Carmen (Manabí) que concentra el 38% de la producción a nivel nacional. Ecuador ocupa el segundo lugar de países exportadores de plátano, con un abastecimiento del 17% de las importaciones a nivel del mundo, en efecto las exportaciones del año 2010 – 2014 representa un crecimiento anual del 5.83% en volumen y en valores ha aumentado un 12.70%.

Es evidente que este cultivo es una fuente de economía importante para el sector agrícola ecuatoriano y su bajo rendimiento en ciertas zonas productivas está relacionada a problemas bióticos, abióticos y el escaso uso de tecnologías. Los sistemas de producción en este cultivo son en su mayoría tradicionales y se encuentran en monocultivos y asociados con otros cultivos como café, coco entre otros. En definitiva, el mejoramiento en los sistemas de cultivos permite el aumento de la productividad y la calidad del fruto. Esto se logra con la aplicación de nuevas tecnologías para el manejo de plagas y enfermedades y los recursos de forma sostenible del suelo (Roldan, 2002).

5.5 Importancia de la técnica del cultivo *in vitro* en plátano

El cultivo *in vitro* es una técnica de la biotecnología que permite multiplicar masivamente especies de interés agronómico y económico. En el caso de las Musáceas, la micropropagación de se puede dar a partir de ápices caulinares o meristemos originando plántulas asépticas y a través de embriogénesis somática que es orientada al mejoramiento genético (Camayo, 2015).

Las plantas obtenidas *in vitro*, presentan características de productividad sincronizada, rápida y mejorada (Vidhya, 2002), en cultivos perennes y transitorios la micropropagación ha favorecido la mejora de la producción agronómica en variedades élites (Hoyos *et al.*, 2008), en el caso de las Musáceas constituye una de las aplicaciones prácticas más importantes de la biotecnología para la obtención de grandes cantidades de plátanos y bananos libre de plagas y enfermedades de importancia económica, que afectan la producción de los cultivos antes mencionados en el Ecuador. Además, permite multiplicar rápidamente genotipos y conservar e intercambiar nacional e internacional el germoplasma coleccionado; en efecto, es trascendental que la biotecnológica sea la alternativa para la producción comercial de plantas y el paradigma para agricultores e investigadores (Medina *et al.*, 2015; Ortega *et al.*, 2010).

Cabe mencionar algunas de las entidades que realizan investigación para el mejoramiento genético del plátano y banano, mediante el uso de las técnicas biotecnológicas. La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) (Camayo, 2015), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) que a partir de los años 80 desarrolla trabajos de investigación particularmente en Musáceas (Aguilar *et al.*, 2008).

En Brasil la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) es pionera en producir híbridos mejorados, al mismo tiempo Colombia con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) que ha realizado la caracterización productiva de las variedades de plátano Hartón, Dominico Hartón entre otros cultivares con el objetivo de conocer el comportamiento productivo de dichos materiales (Camayo, 2015).

En Ecuador la entidad fundadora en realizar investigación *in vitro* en Musáceas fue la Escuela Superior Politécnica Del Litoral (ESPOL) y con el tiempo como el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (Ortega *et al.*, 2010).

5.5.1 Fase de enraizamiento *in vitro* de brotes de plátano y preparación para su trasplante

Según Pedroza (2008), el enraizamiento *in vitro* es una etapa consecuente de la multiplicación y es considerada la fase más voluminosa de todo el proceso, cada brote, esqueje o yema que se ha producido en la fase de multiplicación, debe ser cultivado y manipulado *in vitro* para que crezca y desarrolle morfológicamente (pseudotallo o tallo con las primeras hojas y varias raíces que le permitan iniciar la absorción al momento del trasplante).

La rizogénesis involucra tres estados de desarrollo: a) inducción, b) iniciación y c) elongación. Esta fase dependerá exitosamente de algunos factores que deben manejarse adecuada y armónicamente como los reguladores de crecimiento, concentración de sales minerales, sacarosa, estado físico del medio y las posibilidades de enraizamiento *ex vitro* (Pedroza, 2008).

Los reguladores de crecimiento utilizados para la inducción de enraizamiento son las auxinas, descubierta por el fisiólogo vegetal holandés 1926 Frits W. Went que las aisló de las plantas que la desencadenaba (Curtis *et al.*, 1997). Es una gran familia de sustancias que influyen en el crecimiento de órganos vegetales estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células e inhibiendo otras en función de la cantidad de auxina en el tejido vegetal y su distribución (Canchignia *et al.*, 2008; Roca, 1991). Existen auxinas producidas sintéticamente como el 2,4-D, ANA y el IBA.

El balance hormonal se constituye con bajas dosis de citoquininas y el aumento de auxinas exógenas. Además, al aumentar la concentración de sacarosa del 2 al 5% mejora el enraizamiento y aclimatación en invernadero (Olivera *et al.*, 2000).

En la concentración de sales el procedimiento más común es reducirlas a la mitad de su concentración ya que una disminución mayor puede afectar el desarrollo general de vitroplantas (Olivera *et al.*, 2000).

El estado físico del medio de cultivo está constituido habitualmente por agar (0,6 – 1,0%), sin embargo, el medio de estado líquido es utilizado por ventajas que permiten difusión de los residuos tóxicos de las vitroplantas, el desarrollo de las vitroplantas es más rápido y se acorta el periodo para llevarla a fase de aclimatación (Pedroza, 2008).

5.5.2 Fase de aclimatización de plantas obtenidas *in vitro* a condiciones naturales

La aclimatación es la adaptación de las plántulas cultivadas *in vitro* a un ambiente *ex vitro*, las vitroplantas presentan varias características que dificultan su adaptación (Recalde 2007), por ello se lo realiza en un ambiente controlado, la práctica más común es transferirlas a invernadero y establecerlas en bandejas con sustratos que posean drenaje y aireación adecuados, controlando las condiciones ambientales de temperatura, iluminación, humedad relativa y nutrimentos (Luna *et al.*, 2010).

Las plántulas *in vitro* son mixotróficas en su modo de nutrición, aparentemente alternan entre el uso de carbohidratos y la fijación de CO₂. El uso de carbohidratos es estimulado por la presencia de altas concentraciones de azúcar y de reguladores de crecimiento en el medio de cultivo y las bajas intensidades de luz durante el período de incubación (Recalde, 2007).

Estas vitroplantas se caracterizan inicialmente por tener tallos delgados, baja cantidad de ceras cuticulares y epicuticulares, reducción de los tejidos mecánicos de soporte, incremento del contenido de agua en las células escasa capacidad fotosintética, estomas con baja funcionalidad y crecimiento heterótrofo o mixótrofo. Los cambios fenotípicos son inducidos a la presencia de las condiciones estresantes que se presentan en los invernaderos y en el campo, como estrés hídrico y nutricional (Pedroza, 2008).

En el manejo de vitroplantas bajo condiciones de invernadero, es necesario controlar adecuadamente los factores ambientales y es recomendable simular en este periodo las condiciones del ambiente *in vitro*, hasta que poco a poco las plántulas se adapten al nuevo ambiente, mantenido una alta humedad relativa (mínimo 90%) hasta que logren un adecuado desarrollo de los estomas y la cutícula. Al fin de atenuar la luz durante las primeras semanas, se emplean mallas plásticas con un 30% y 70% de sombra (Pedroza, 2008; Angarita *et al.*, 1991).

En el caso del genero Musa, la primera hoja inicia su emergencia a los 8 días con un ritmo de emisión foliar de una hoja nueva cada semana. La etapa de endurecimiento y adaptación en el invernadero se extiende hasta los 60 días donde las plantas presentan una altura promedio de 17cm y unas 6 hojas nuevas, una vez transcurrida esta etapa, las plantas pueden trasladarse al lugar definitivo de siembra en el campo (Sandoval, 1991).

Además, cabe mencionar que, especies como tomate de árbol, aclimatadas por Criollo *et al.*, (2016) después de un proceso de regeneración *in vitro* enraizaron y fueron transferidas con éxito al campo con un 96% de supervivencia, siendo considerada una etapa crítica donde se produce la mayor pérdida de plántulas.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 Ubicación

La presente investigación se realizó durante los meses de Abril - Agosto / 2017, en el laboratorio de Biotecnología e invernaderos de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

6.2 Metodología

Para el enraizamiento y aclimatación se utilizó la metodología descrita por Sandoval 1991 y Macías 1994.

6.2.1 Fase de enraizamiento *in vitro* de dos cultivares de plátano establecido en condiciones de laboratorio

Se estudiaron dos cultivares de plátanos: Barraganete y Curaré, para el desarrollo del trabajo en laboratorio, se utilizaron vitroplantas provenientes de la fase de multiplicación (subcultivo 7) (FIGURA 1 A). A estos explantes se le eliminaron toda brotación de yemas laterales y con un bisturí se efectuó un corte transversal para eliminar el follaje y estandarizar el tamaño de los explantos, aproximadamente de 2 cm de longitud (FIGURA 1 B).

Para inducir el enraizamiento, se utilizó el medio de Murashige Skoog 1962 (Cuadro 1) con diferentes niveles de auxinas y combinado con carbón activo (FIGURA 1 C) y sin carbón activado incluyendo un tratamiento libre de reguladores de crecimiento y de carbón. Los explantos fueron cultivados en vasos plásticos con tapas, conteniendo 30 cc de medio de cultivo y 8 explantos/vasos, los cultivos se mantuvieron en condiciones de temperatura de 26 ± 2 grados centígrados y fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad durante 30 días, luego fueron llevados a aclimatación en ambiente externo.

Cuadro 1. Composición del medio de cultivo Murashige Skoog 1962.

MACRONUTRIENTES	CONCENTRACION (mg/l)
Nitrato de amonio	1650,00
Nitrato de potasio	1900,00
Cloruro de calcio	332,02
Sulfato de magnesio	80,70
Fosfato de potasio	170,00
MICRONUTRIENTES	
Yoduro de Potasio	0,83
Ácido Bórico	6,20
Sulfato de Manganeso	22,30
Sulfato de zinc	8,60
Molibdato de sodio	0,25
Sulfato cúprico	0,025
Cloruro de cobalto	0,025
SUPLEMENTOS	
Vitaminas MS	0.10
Meso-Inositol	800
Ácido Ascórbico	50
Sacarosa	30000
IBA	300
Carbón Activado	500 + 1000

Para determinar el porcentaje de brotes enraizados se evaluó a los 8 y 10 días (FIGURA 1 D), y a los 30 días se evaluó el número de hojas, la altura de las vitroplantas, diámetro del pseudotallo, y finalmente la longitud máxima de las raíces.

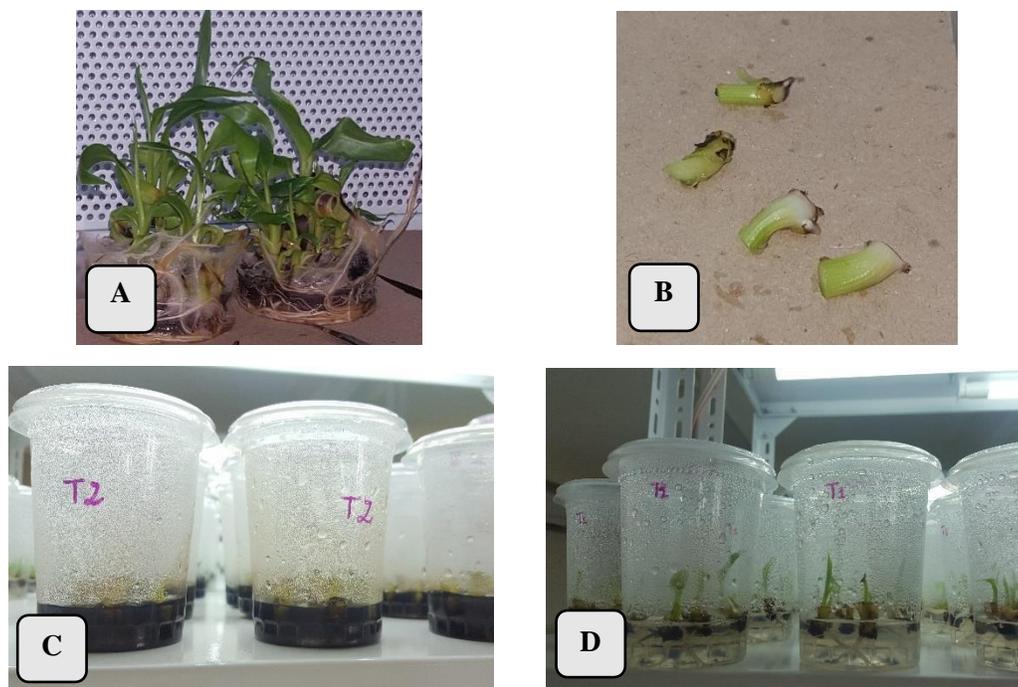


FIGURA 1: A) Cultivos Barraganete y Curaré provenientes del subcultivo 7. B) Explantes alrededor de 2 cm para la fase de enraizamiento. C) Explantes sembrados en Medios MS con diferentes niveles de auxinas y combinado con carbón activo. D) Evaluación de los brotes enraizados a los 10 días después de la siembra.

6.2.1.1 Variables y métodos estudiados en fase de enraizamiento *in vitro*

A los 30 días después de la siembra en el medio de enraizamiento y previo a la siembra en las bandejas, se evaluaron 24 plántulas por tratamiento.

- **Porcentaje de brotes enraizados:** Se contabilizó el número de brotes enraizados en cada tratamiento cada 10 y 15 días y se llevó a porcentaje.
- **Número de hojas:** Se evaluó el número de hojas desarrolladas en cada plántula.
- **Altura de planta en (cm):** Se midió la altura de cada plántula con la ayuda de un calibrador.
- **Diámetro de tallo (mm):** Se midió el diámetro del tallo de cada plántula a un tercio de la altura del pseudotallo con un calibrador.
- **Longitud máxima de raíces (cm):** Para la evaluación de esta variable se midió la raíz de mayor longitud en cada plántula.

6.2.2 Fase de aclimatación bajo condiciones de invernadero

Se retiraron cuidadosamente las plántulas de los envases, las raíces se lavaron con abundante agua hasta eliminar completamente los residuos de agar (FIGURA 2 A), luego se colocaron en catorce bandejas de 50 celdas cada una, dando un total de 720 plántulas por cada cultivar, permaneciendo en el invernadero durante seis semanas. En este lapso, las vitroplantas fueron manejadas en condiciones de alta humedad la primera semana para evitar problemas de deshidratación (se mantuvo la humedad en el follaje mediante riegos con atomizador cada hora con una duración de 30 segundos cada vez) y baja intensidad luminosa (FIGURA 2 B). Después del sexto día en condiciones de invernadero se disminuyó la frecuencia de los riegos y junto a ello las condiciones de humedad relativa. Además, se aplicó semanalmente una solución nutritiva (macro y micronutrientes) al 50% según la formulación de Murashige y Skoog (1962).

Posteriormente las plántulas, se colocaron en fundas plásticas de polietileno de color negro y llevadas a condiciones de vivero, previo a su siembra en el campo definitivo.



FIGURA 2: A) Se lavó con abundante agua hasta eliminar completamente los residuos de agar. B) Primer día de transplante de las vitroplantas.

6.2.2.1 Variables y métodos estudiados en la fase de aclimatación:

Para la evaluación de las variables en condiciones de invernadero, se realizó un muestreo al azar simple del 10% de la población, que corresponde a 72 plántulas por cada cultivar (de un total de 720 por cultivar).

- **Porcentaje de Supervivencia:** A los 10 días después de la siembra en las bandejas, se contaron las plantas vivas en cada bloque y se llevaron a porcentaje.
- **Emisión foliar:** Semanalmente se evaluó por observación visual, la emisión de una nueva hoja durante el tiempo de aclimatación.

- **Altura de planta (cm):** Esta variable se midió con un calibrador, desde la base del tallo hasta la curvatura de la última hoja abierta completamente.
- **Presencia de raíces:** El desarrollo de raíces, se evaluó cada quince días, durante el periodo de aclimatación, por observación visual.

7. DISEÑO EXPERIMENTAL

7.1 Fase de enraizamiento *in vitro*

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial 2 X 6 (2 cultivares y 6 medios de cultivos) el mismo que estuvo constituido de 12 tratamientos con 3 repeticiones, cada tratamiento constó de cinco vasos con ocho unidades experimentales cada uno, para la evolución se tomaron tres vasos por tratamiento. Los factores en estudio se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Factores en estudio

CULTIVARES (A)		MEDIOS DE CULTIVO (M)	
C1	Barraganete	M1	Medio MS Sin Auxinas
C2	Curaré	M2	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado
		M3	Medio MS + 1 g/l Carbón Activado
		M4	Medio MS + 0,3 mg/l IBA
		M5	MS + IBA 0,3 mg/l + 0,5 g/l Carbón Activado
		M6	MS + IBA 0,3 mg/l + 1 g/l Carbón Activado

Descripción de los tratamientos:

T1= C1M1: (Barraganete: Sin Hormona; “testigo”)

T2= C1M2: (Barraganete: MS + 0,5 g/l Carbón Activado)

T3= C1M3: (Barraganete: MS + 1 g/l Carbón Activado)

T4= C1M4: (Barraganete: MS + 0,3 g/l IBA)

T5= C1M5: (Barraganete: MS + 0,3 g/l IBA + 0,5 g/l Carbón Activado)

T6= C1M6: (Barraganete: MS + 0,3 g/l IBA + 1 g/l Carbón Activado)

T7= C2M1: (Curaré: Sin Hormona; “testigo”)

T8= C2M2: (Curaré: MS + 0,5 g/l Carbón Activado)

T9= C2M3: (Curaré: MS + 1 g/l Carbón Activado)

T10= C2M4: (Curaré: MS + 0,3 g/l IBA)

T11= C2M5: (Curaré: MS + 0,3 g/l IBA + 0,5 g/l Carbón Activado)

T12= C2M6: (Curaré: MS + 0,3 g/l IBA + 1 g/l Carbón Activado)

7.2 Fase de aclimatación

Las variables en estudio fueron analizadas tomando como muestra una población del 10 % del total de las vitroplantas por cada cultivar.

7.3 Análisis estadístico

Las variables de la fase *in vitro* fueron analizadas a través de un análisis de varianza (ANOVA) para dos factores (cultivar x medio de cultivo; Cuadro 3), aplicando la Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para las medias de los tratamientos.

Las variables en la fase de aclimatación se analizaron mediante una prueba de T-Student (alfa = 0,05) para la altura de planta a los 20 y 40 días después de la siembra; el porcentaje de sobrevivencia a través de la prueba de Kaplan- Meier (estadístico de prueba Log Rank); y finalmente las variables emisión foliar y presencia de raíces se analizaron a través de estadística descriptiva.

Las pruebas estadísticas fueron realizadas en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 20.

Cuadro 3. ANOVA de Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial 2 X6.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F. CALC.	SIG.
Tratamientos	12-1= 11	SC _{TRAT.}			
Factor A	2-1= 0	SC _A	SC _A /a - 1	CM _A /CM _E	
Factor B	6-1= 5	SC _B	SC _B /b - 1	CM _B /CM _E	
Interacción	(1)(5) = 5	SC _{AB}	SC _{AB} / (a - 1) (b - 1)	CM _{AB} /CM _E	
Error	12 (3-1) = 24	SC _{ERROR}	SC _{ERROR} / ab(r - 1)		
Total	(2x6x3)-1= 35	SC _{TOTAL}			

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Fase enraizamiento *in vitro*

8.1.1 Enraizamiento (%)

El enraizamiento de los cultivos Barraganete y Curaré no fue influenciado por el efecto de la adición de ácido indolbutírico (IBA) ni carbón activado (CA) en sus diferentes dosis registrándose diferencias no significativas entre los cultivares, los medios de cultivo e interacción entre cultivar x medios de cultivo (**Tabla 1**).

Por lo tanto, queda de manifiesto que agregar IBA + carbón activado en dosis bajas y altas no aumenta de manera considerable el porcentaje de enraizamiento sea en Barraganete y Curaré. Estos resultados se ajustan a los obtenidos por Paulos *et al.* (2015), quienes determinaron que la aplicación de IBA en dosis elevadas (1.5 mg/L) en el cultivar de banano Grand Naine no presentó diferencias significativas en el enraizamiento respecto al tratamiento control (sin IBA). Sin embargo, cuando se utilizó auxinas en forma de ácido indolacético (IAA), si se reportaron diferencias altamente significativas, pero Khatun *et al.* (2017), cuando sometieron al cultivar Sabri a tratamientos con diferentes concentraciones de IBA (0,5 – 2.5 mg/L) reportaron diferencias significativas en el parámetro regeneración de raíces siendo la dosis de 1,5 mg/L de IBA el que presento mejores resultados.

Aunado a lo anterior Rahman *et al.* (2002), mencionan resultados similares cuando la concentración de IBA fue de 1.0 mg/L para el enraizamiento del cultivar de banano Agnishwar, mientras que Huq *et al.* (2012), aun con la aplicación de menor concentración de IBA (0,5 mg/L) obtuvo mejor nivel de enraizamiento en cultivar de banano Sabri.

Lo anteriormente mencionado permite dilucidar que la adición de auxinas como IBA en la concentración utilizada y carbón activado en diferentes proporciones no tiene efectos representativos en el enraizamiento *in vitro* de Barraganete y Curaré, de esta manera el porcentaje de enraizamiento no se verá afectado cuando el medio de cultivo sea suplementado con estos dos componentes (IBA + Carbón Activado). De este modo, se puede alegar que el patrón de enraizamiento puede variar por el efecto del genotipo vegetal y el ambiente de cultivo tal como lo expone Khatun *et al.* (2017).

Tabla 1. Efecto de IBA + Carbón activado en el enraizamiento de los cultivares de plátano Barraganete y Curaré.

TRATAMIENTOS		Porcentaje de enraizamiento (%) ± ES	Sig.	
Cultivares				
Barraganete		96,52 ± 1,30	N.S	
Curaré		98,61 ± 1,30		
Medios de cultivo				
Medio MS Sin Auxinas		91,67 ± 2,25	N.S	
Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado		95,83 ± 2,25		
Medio MS + 1g/l Carbón Activado		97,92 ± 2,25		
Medio MS + 0,3 mg/l IBA		100,00 ± 2,25		
MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado		100,00 ± 2,25		
MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado		100,00 ± 2,25		
Cultivar x Medios de cultivo				
Barraganete	Medio MS Sin Auxinas	87,50 ± 3,18		N.S
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	95,83 ± 3,18		
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	100,00 ± 3,18		
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	95,83 ± 3,18		
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	100,00 ± 3,18		
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	100,00 ± 3,18		
Curaré	Medio MS Sin Auxinas	95,83 ± 3,18		
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	95,83 ± 3,18		
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	100,00 ± 3,18		
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	100,00 ± 3,18		
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	100,00 ± 3,18		
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	100,00 ± 3,18		

Cada valor representa la media de 3 réplicas ± Error estándar

C.V. = 5,98%

NS = Ninguna significancia

8.1.2 Número de hojas

La variable número de hojas por explanto también fue considerada como un indicador para medir la respuesta de las variedades de plátanos Barraganete y Curaré al efecto generado por la IBA, donde se percibió a través del análisis de varianza (ANOVA) diferencias significativas en la comparación de media entre los cultivares a un nivel probabilidad $P < 0,05$ en la cual el cultivar Curaré presentó el mayor promedio de número de hojas con 4,23 hojas a diferencia del cultivar Barraganete que exhibió 3,58 hojas a los 30 días post siembra de los explantos (**Tabla 2**).

Por otra parte, no se registraron diferencias significativas para los medios de cultivo y la interacción cultivar x medio de cultivo quedando demostrado en el análisis de los resultados que el número de hojas/vitroplanta está directamente asociado a las características intrínsecas (genéticas) de cada cultivar más no por el efecto que puede ejercer en este caso una determinada concentración auxinas (IBA) y carbón activado que se estudiaron en el experimento.

La hormona frecuentemente utilizada para reducir la dominancia apical e inducir tanto la formación de brotes adventicios y axilares desde explantos meristemáticos en banano es la Bencil aminopurina (BAP) (Madhulatha *et al.*, 2004). De tal modo, la hormona involucrada en la formación de hojas es la citoquina y no la auxina, como lo demostraron Ferdous *et al.* (2015), quienes usando concentraciones de 5 mg/L de BAP reportaron un número máximo de hojas en los cultivares de banano Amritasagar (*Musa sapientum*, Genotype AAA) y Sabri (*Musa sapientum*, Genotype AAA). Llegando también a conclusiones que el incremento de las concentraciones de BAP por encima de 5mg/L disminuyó el número de hojas/explanto en ambos cultivares.

Tabla 2. Efecto de IBA + Carbón activado sobre el número de hojas en los cultivares de plátano Barraganete y Curaré

TRATAMIENTOS		Numero De Hojas ± ES	Sig.
Cultivares			
Barraganete		3,58 ^b ± 0,18	*
Curaré		4,23 ^a ± 0,18	
Medios de cultivo			
Medio MS Sin Auxinas		4,65 ± 0,31	N.S
Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado		3,78 ± 0,31	
Medio MS + 1g/l Carbón Activado		3,38 ± 0,31	
Medio MS + 0,3 mg/l IBA		3,57 ± 0,31	
MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado		3,98 ± 0,31	
MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado		4,09 ± 0,31	
Cultivar x Medios de cultivo			
Barraganete	Medio MS Sin Auxinas	4,45 ± 0,45	N.S
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	3,74 ± 0,45	
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	3,04 ± 0,45	
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	3,22 ± 0,45	
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	3,45 ± 0,45	
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	3,56 ± 0,45	
Curaré	Medio MS Sin Auxinas	4,86 ± 0,45	N.S
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	3,82 ± 0,45	
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	3,71 ± 0,45	
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	3,92 ± 0,45	
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	4,49 ± 0,45	
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	4,59 ± 0,45	

Cada valor representa la media de 3 réplicas ± Error estándar

C.V. = 22%

* = Significancia estadística ($P < 0,05$) NS= Ninguna significancia

8.1.3 Altura de planta (cm)

La altura de planta representa un indicador de alta relevancia al estudiar el comportamiento de las plantas de plátano *in vitro*, permitiendo determinar el efecto que tiene la concentración hormonal y carbón activado en el medio de cultivo. En el desarrollo del experimento no se observaron diferencias significativas entre los cultivares ni entre la interacción cultivar x medio de cultivo, aunque se evidenció diferencias significativas entre los diferentes medios de cultivos probados en el ensayo. El medio de cultivo que proporcionó las mejores condiciones de crecimiento de las plántulas fue aquel que careció de auxinas y de carbón activado con un promedio de 7,83 cm de altura, por el contrario, el medio MS + IBA 0,3 + 0,5 mg/l Carbón Activado presentó la menor altura de planta con 5,26 cm (**Tabla 3**).

A pesar de que el objetivo principal del proyecto fue determinar el efecto de medios de cultivo sobre el enraizamiento de los cultivares de Barraganete y Curaré, se evaluó la altura de las plantas antes de ser llevadas a la fase de aclimatación, y teniendo como precedente que el ácido indol butírico no promueve el desarrollo del brote. Sin embargo, existió la incógnita que IBA podría tener algún efecto sobre la altura de las plantas, pero a través del análisis ANOVA y la prueba de diferencia honesta significativa de Tukey permitió rechazar la hipótesis de que IBA tiene algún efecto sobre la longitud de las plántulas, y aceptando el antecedente de que IBA no promueve el crecimiento de las plántulas al contrario podría tener un efecto inhibitorio en su desarrollo.

Rahman *et al.* (2002), lograron conseguir una mayor longitud de brotes cuando se usó BAP (citoquinina) en medio cultivo, mas no se valieron del uso del IBA como medio para incrementar la altura de las plantas debido a que únicamente fue empleado para el enraizamiento de las plántulas de banano de la variedad Sabri. De la misma manera, Al-Amin *et al.* (2009), hallaron resultados semejantes cuando el medio MS estuvo suplementado con BAP y ácido Naftalenacético (NAA) en concentraciones de 7.5mg/L + 0,5 mg/L, respectivamente.

Tabla 3. Efecto de IBA + Carbón activado sobre la altura de planta de los cultivares de plátano Barraganete y Curaré.

TRATAMIENTOS		Altura de planta (cm) ± ES	Sig.	
Cultivares				
Barraganete		6,26 ± 0,34	N.S	
Curaré		6,46 ± 0,34		
Medios de enraizamiento				
Medio MS Sin Auxinas		7,83 ^a ± 0,58	*	
Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado		6,26 ^{ab} ± 0,58		
Medio MS + 1g/l Carbón Activado		6,15 ^{ab} ± 0,58		
Medio MS + 0,3 mg/l IBA		5,65 ^{ab} ± 0,58		
MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado		5,26 ^b ± 0,58		
MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado		7,00 ^{ab} ± 0,58		
Cultivar x Medios de cultivo				
Barraganete	Medio MS Sin Auxinas	8,50 ± 0,82		N.S
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	5,22 ± 0,82		
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	5,83 ± 0,82		
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	5,79 ± 0,82		
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	4,44 ± 0,82		
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	7,76 ± 0,82		
Curaré	Medio MS Sin Auxinas	7,17 ± 0,82		
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	7,31 ± 0,82		
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	6,47 ± 0,82		
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	5,52 ± 0,82		
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	6,07 ± 0,82		
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	6,24 ± 0,82		

Cada valor representa la media de 3 réplicas ± Error estándar
C.V. = 26%

* = Significancia estadística ($P < 0,05$) NS= Ninguna significancia

8.1.4 Diámetro del pseudotallo (mm)

Generalmente el diámetro del tallo (pseudotallo en el caso del plátano) determina el vigor de las plantas y constituye un indicador de importancia en el desarrollo de las mismas. El análisis

estadístico no mostró diferencias significativas en la comparación de medias para los cultivares en divergencia a aquello, los medios de cultivo si reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), donde el tratamiento con Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado proporcionó las mejores condiciones para que las vitroplantas alcanzaran mayor diámetro de pseudotallo, logrando una media de 4,88mm, mientras las vitroplantas de menor diámetro se encontraron en el tratamiento con medio MS + IBA 0,3mg/L + 1 g/l Carbón Activado expresando un valor de 3.19 mm (**Tabla 4**).

La interacción entre cultivar x medio de cultivo también manifestó diferencias significativas siendo la combinación del cultivar Curaré x Medio MS + 0,5 g/l carbón activado o con medio MS sin auxinas los tratamientos con mayor promedio en el diámetro de pseudotallo (6,15 y 4,17mm), mientras que el cultivar Barraganete x Medio MS + 0,3 mg/IBA o con Medio MS sin auxinas los tratamientos que reportaron una media de diámetro de pseudotallo que se calculó en 4,10 y 3,88mm respectivamente. En discrepancia a los tratamientos más favorables la interacción Barraganete x Medio MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado presentó la respuesta menos propicia para el diámetro de pseudotallo con 3,13 mm.

Durante el desarrollo del experimento se observó que el cultivar Curaré por ser una planta de tamaño enano respecto al Barraganete tiende a tener un comportamiento fisiológico más robusto y con ello desarrollar un mayor diámetro de pseudotallo en la fase *in vitro*.

Normalmente el diámetro del tallo suele estar relacionado con la altura de planta en la mayoría de especies vegetales, sin embargo, el índice de correlación de Pearson mostró una relación muy baja entre diámetro del pseudotallo y la altura de planta ($r = 0,1164$). Esta escasa correlación puede deberse a que las plantas aún no han expresado bajo condiciones *in vitro* su máximo potencial de crecimiento cómo lo harían en condiciones de campo en plantaciones adultas establecidas donde podría evaluarse de manera confiable la verdadera relación entre estas dos variables. Ya que el cultivar de Barraganete es un material de mayor altura que el Curaré en plantas adultas contrario a lo que se percibió en condiciones *in vitro* donde el cultivar Curaré presentó tanto mayor diámetro de pseudotallo y altura de las vitroplantas.

Al igual que para la variable altura de planta, la información sobre el efecto del IBA y Carbón Activado sobre el desarrollo del pseudotallo en plátano o banano es muy limitada entre una de las razones es que IBA no es empleado para promover en desarrollo de la parte aérea de las

vitroplantas (diámetro y altura de pseudotallo), básicamente porque la hormona utilizada para este fin es la BAP la misma que permiten obtener más y mejor calidad de brotes en la propagación *in vitro* (Uzaribara *et al.*, 2015).

Tabla 4. Efecto de IBA + Carbón activado sobre el diámetro de pseudotallo en los cultivares de plátano Barraganete y Curaré.

TRATAMIENTOS		Diámetro del Pseudotallo (mm) ± ES	Sig.
Cultivares			
Barraganete		3,53 ± 0,18	N.S
Curaré		4,01 ± 0,18	
Medios de cultivos			
Medio MS Sin Auxinas		4,03 ^{ab} ± 0,32	**
Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado		4,88 ^a ± 0,32	
Medio MS + 1g/l Carbón Activado		3,40 ^b ± 0,32	
Medio MS + 0,3 mg/l IBA		3,85 ^{ab} ± 0,32	
MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado		3,25 ^b ± 0,32	
MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado		3,19 ^b ± 0,32	
Cultivar x Medios de cultivo			
Barraganete	Medio MS Sin Auxinas	3,88 ^{ab} ± 0,45	*
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	3,62 ^b ± 0,45	
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	3,25 ^b ± 0,45	
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	4,10 ^{ab} ± 0,45	
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	3,13 ^b ± 0,45	
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	3,16 ^b ± 0,45	
Curaré	Medio MS Sin Auxinas	4,17 ^{ab} ± 0,45	
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	6,15 ^a ± 0,45	
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	3,55 ^b ± 0,45	
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	3,59 ^b ± 0,45	
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	3,38 ^b ± 0,45	
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	3,21 ^b ± 0,45	

Cada valor representa la media de 3 réplicas ± Error estándar
C.V. = 27%

**= Alta significancia estadística ($P < 0,01$) *= Significancia estadística ($P < 0,05$) NS= Ninguna significancia

8.1.5 Longitud de raíces (cm)

La longitud de las raíces constituye un parámetro de gran valía para determinar la función de ciertas hormonas promotoras del enraizamiento en plátano o banano en cultivos *in vitro*. Los resultados de la investigación arrojan datos relevantes en el desarrollo del sistema radicular como consecuencia del efecto promotor del IBA + CA en la que se percibe diferencias estadísticas altamente significativas para los medios de cultivo y la interacción Cultivar x medio de cultivo.

El mejor promedio de longitud de raíces coincidió en el medio de cultivo MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado con 14,73 cm y de manera opuesta la menor longitud de raíces se registró en los otros 5 medios de cultivo con medias que estuvieron entre 9,11 y 10,62 cm (**Tabla 5**).

Tanto en el cultivar Curaré y Barraganete cuando se sembraron en medio de cultivo MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado expresaron la mayor longitud de raíces con 15,16 y 14,30 cm, respectivamente. Las diferencias que existieron entre ambos cultivares al parecer está relacionada a propiedades fisiológicas propias de cada cultivar, los cuales administran de forma diferente el contenido del IBA en su metabolismo.

Los resultados obtenidos son semejantes a los reportados por Uzaribara *et al.* (2015), quienes alcanzaron la mayor longitud de raíces, sometiendo las plántulas de banano var. Red Banana en medio MS enmendado con 2.0 g/L CA + 1.5 mg/L de IBA. Del mismo modo Devendrakumar *et al.* (2013), afirmó la excelente formación de raíces en medio MS suplementado con 1.0 mg/L de IA. Otro precedente relacionado al efecto del IBA sobre el enraizamiento en *Musa* sp. fue conseguido Ferdous *et al.* (2015), en encontrando que 3.0 mg/IBA/L produjo la más grande longitud de raíces en los cultivares de banano Amritasagar y Sabri en Bangladesh.

Tabla 5. Efecto de IBA + Carbón activado sobre la longitud de raíz en los cultivares de plátano Barraganete y Curaré.

TRATAMIENTOS		Longitud de raíz (cm) ± ES	Sig.	
Cultivares				
Barraganete		10,11 ^a ± 0,38	*	
Curaré		11,38 ^b ± 0,38		
Medios de cultivos				
Medio MS Sin Auxinas		9,65 ^b ± 0,66	**	
Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado		9,11 ^b ± 0,66		
Medio MS + 1g/l Carbón Activado		10,41 ^b ± 0,66		
Medio MS + 0,3 mg/l IBA		10,02 ^b ± 0,66		
MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado		10,62 ^b ± 0,66		
MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado		14,73 ^a ± 0,66		
Cultivar x Medios de cultivos				
Barraganete	Medio MS Sin Auxinas	8,11 ^c ± 0,93		**
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	9,56 ^{bc} ± 0,93		
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	9,89 ^{bc} ± 0,93		
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	8,60 ^c ± 0,93		
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	10,24 ^{bc} ± 0,93		
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	14,30 ^{ab} ± 0,93		
Curaré	Medio MS Sin Auxinas	11,18 ^{abc} ± 0,93		
	Medio MS + 0,5 g/l Carbón Activado	8,65 ^c ± 0,93		
	Medio MS + 1g/l Carbón Activado	10,93 ^{abc} ± 0,93		
	Medio MS + 0,3 mg/l IBA	11,43 ^{abc} ± 0,93		
	MS + IBA 0,3 mg + 0,5 g/l Carbón Activado	10,99 ^{abc} ± 0,93		
	MS + IBA 0,3 mg + 1 g/l Carbón Activado	15,16 ^a ± 0,93		

Cada valor representa la media de 3 réplicas ± Error estándar
C.V. = 23%

**= Alta significancia estadística ($P<0,01$) *= Significancia estadística ($P<0,05$)

Se evidenció también que el CA tiene alta influencia en la estimulación del crecimiento de las raíces ya que otros medios con la misma concentración de IBA, pero con menos CA promovieron menor crecimiento del sistema radicular. Tal afirmación coincide con lo planteado por Gubbuk

and Pekmezci (2004), en la que se indicó que cuando el Carbón activado es agregado al medio de cultivo este no necesariamente debe incluir IBA o NAA para estimular el enraizamiento de vitroplantas en multiplicación *in vitro* del banano. El carbón activado ofrece asombrosos beneficios para el cultivo de tejidos de plantas de *Musa* sp. al actuar como un agente que absorbe sustancias inhibitorias y reduce compuestos fenólicos oxidantes en el medio de cultivo (Ngomuo *et al.*, 2014).

8.2 Fase de aclimatación bajo condiciones de invernadero

8.2.1 Altura de planta (cm)

La prueba de t-student para igualdad de medias de muestras independientes (**Tabla 6.**), mostró diferencias estadísticas altamente significantes en la altura de plantas a los 20 días después de la siembra (DDS) entre los cultivares Barraganete y Curaré.

Tabla 6. Prueba t-student para la altura de planta 20 DDS

Prueba T para la igualdad de medias							
	t	Sig.	Medias	Diferencia de medias	Error típ. de Media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
						Inferior	Superior
Barraganete	9,026	,000	8,95 cm	2,15	0,19	1,68	2,62
Curaré	9,026	,000	6,79 cm	2,15	0,13	1,68	2,62

El cultivar Barraganete alcanzó la mayor altura de planta con una media de 8,95 cm a los 20 DDS, y Curaré por su parte presentó un menor crecimiento con una altura de 6,79 cm. Esta diferencia de altura (2,15 cm) se debe especialmente a las características agronómicas que presenta el material Barraganete, que se caracteriza por poseer plantas de gran tamaño y un

crecimiento más activo que Curaré, que es un cultivar enano, por lo tanto, es natural que las plantas difieran estadísticamente en dicho parámetro morfológico+.

La altura de planta a los 40 DDS continuó la misma tendencia que existió a los 20 DDS (**Tabla 7**), donde también existieron diferencias altamente significativas para este parámetro de crecimiento, en la cual Barraganete alcanzó una altura promedio de 13,89 cm, mientras que Curaré alcanzo únicamente 8,4 cm de altura, distinguiendo diferencia de media de 5,45 cm para ambos cultivares. El margen de altura alcanzado entre Barraganete y Curaré hasta tal periodo de tiempo (40 DDS) marca un claro contraste con respecto a la velocidad crecimiento de las plantas, aunque dicha diferencia al parecer es de carácter genético ya que estas plantas se mantuvieron sometidas bajo las mismas condiciones durante todo el periodo de aclimatación, así que las diferencias pueden estar ligadas estrictamente a patrones fisiológicos propio de cada cultivar.

Tabla 7. Prueba t-student para la altura de planta 40 DDS

Prueba T para la igualdad de medias							
	t	Sig.	Medias	Diferencia de medias	Error típ. de la Media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
						Inferior	Superior
Barraganete	20,60	,000	13,89 cm	5,45	0,26	4,93	5,97
Curaré	20,60	,000	8,4 cm	5,45	0,26	4,93	5,97

Además, no sería realmente importante evaluar las plantas de tales cultivares más allá de la fase de aclimatación, debido que al tener antecedentes de las características de crecimiento se podrá vislumbrar lo que ocurrirá en un futuro cuando las plantas alcancen su máximo desarrollo vegetativo.

Canchignia *et al.* (2008), obtuvieron diferencias significativas en la altura de planta en la aclimatación de plátano variedad maqueño con una altura promedio de 10,7 cm a los 21 días después de la siembra resultados que difieren con lo del presente experimento, debido a que se usó una variedad con características diferentes a las de Barraganete y Curaré.

En ocasiones resulta difícil hacer comparaciones muy apareadas con otros estudios de la misma naturaleza por lo que los resultados varían enormemente incluso bajo el uso del mismo cultivar o especie cuando las condiciones de manejo aplicadas a las plantas difieren entre experimentos. Entre estos factores se puede mencionar el efecto de la sombra (Scaranari *et al.*, 2009), sustrato y fertilización (Luna *et al.*, 2010), y otros. Sin embargo, es posible llegar a obtener información que contribuya a relacionar resultados.

8.2.2 Sobrevivencia (%)

La sobrevivencia de los cultivares Barraganete y Curaré registrada a los 10 días post siembra no mostró diferencias significativas para el número de plantas muertas en tal periodo de tiempo.

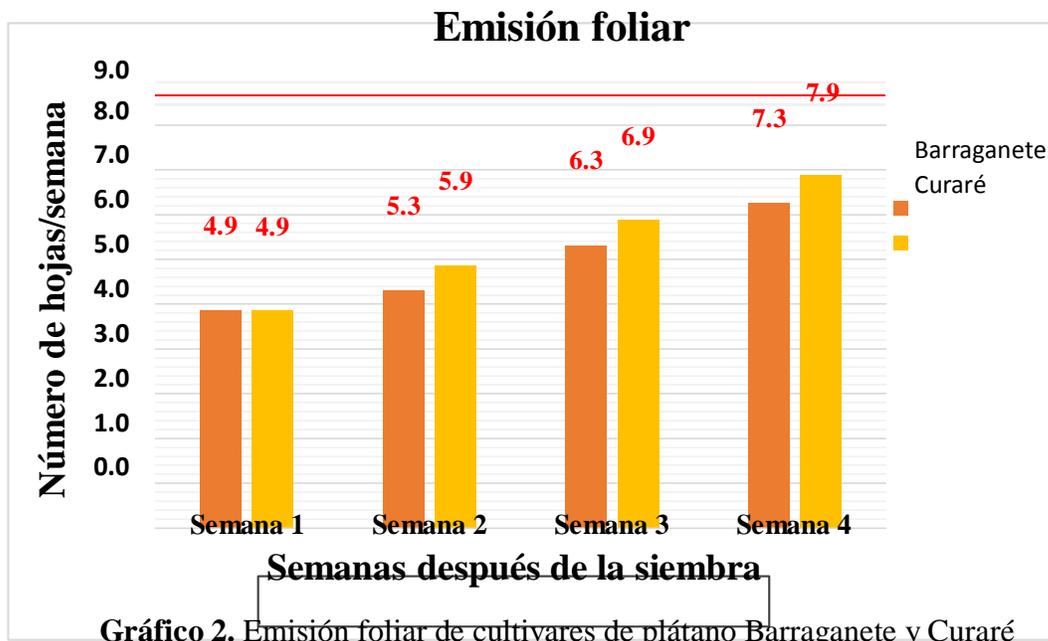
De un total de 720 plantas para ambos cultivares, el cultivar Barraganete obtuvo la sobrevivencia del 99,2% de los individuos de la población y el cultivar Curaré por su parte exhibió el 99,4% de plantas vivas. A través del estadístico de Log Rank, proporcionado por la prueba de Kaplan-Meir ($P < 0.05$) no mostró diferencia estadística significativa para determinar variación de sobrevivencia entre los cultivares.

Es importante mencionar que cuando se aplican los procedimientos apropiados para la aclimatación de las variedades de plátano Barraganete y Curaré se advierte un muy bajo porcentaje de mortalidad. Dichos procedimientos consisten básicamente en: correcta manipulación de las plántulas, evitando un estrés mecánico de las mismas; constante hidratación de los tejidos para evitar las pérdidas excesivas de agua que pueden llevar al colapso fisiológico de las plántulas en la etapas iniciales de aclimatación debido a la alteración de las células oclusivas durante la fase *in vitro* (Diez y Gil, 1999), reducida presencia de colénquima y esclerénquima (Preece y Sutter, 1991; Frampton *et al.*, 1998), absorción y transporte ineficiente de agua por una conexión vascular incompleta o deficiente entre la raíz y el tallo; mantener a las plantas bajo condiciones de alta humedad relativa; protección de las plántulas contra la directa intensidad lumínica a través de un suministro adecuado de sombra, práctica que evita que ocurra la fotoinhibición del aparato fotosintético; y finalmente disponer de un sustrato fértil y capaz de mantener altos regímenes de humedad que permitan la fácil absorción de agua y nutrientes por medio de las raíces (Martínez *et al.*, 2005).

La sobrevivencia de plántulas de plátano puede variar grandemente de acuerdo a diferentes factores y metodologías aplicadas para su aclimatación, y que pueden afectar de manera determinante la adaptación de las vitroplantas a condiciones *ex vitro*. Canchignia *et al.* (2008), alcanzó el 100% de sobrevivencia en la aclimatación de plátano maqueño resultados muy similares obtenidos en este ensayo. Por otra parte, Pérez (1998), manifiesta que la aclimatación de plátanos y bananos puede estar influenciada por el sustrato en el cual las plántulas se desarrollan.

8.2.3 Emisión foliar

La emisión foliar se empezó a evaluar a partir de una semana después de la siembra de las plántulas procedentes de laboratorio, las mismas que se establecieron con un promedio de 4 hojas. Luego de transcurrida la primera semana de la siembra se evidenció la producción de aproximadamente una hoja nueva para ambos cultivares, obteniéndose una media de 4,9 hojas/planta. Para la segunda semana se comenzó a observar una mayor tasa de emisión foliar para el cultivar Curaré con una media de 5,9 hojas mientras que Barraganete sólo desarrolló alrededor de 1/2 hoja al finalizar la segunda semana de edad de las plántulas.



En la tercera semana se empezó a marcar una clara tendencia de emisión de una hoja nueva por semana para los dos cultivares de plátano (Gráfico 2). Estos datos permiten inferir que

Barraganete y Curaré tienen un crecimiento muy similar hasta las cuatro primeras semanas después de la siembra. Por lo tanto, son materiales que tienen una capacidad de adaptación a condiciones *ex vitro* sin aparentes diferencias.

Barrera *et al.* (2011), manifiesta que una planta adulta de banano puede emitir hasta 38 ± 2 , con una producción media de una hoja cada siete días, en zonas tropicales, lo cual se ajusta a los resultados de la presente investigación. No obstante, bajo ciertas ocasiones la emisión de hojas puede ser afectada ípositiva o negativamente por las condiciones ambientales favorables o adversas, pudiendo variar la tasa de emisión foliar (Vargas *et al.*, 2015).

8.2.4 Presencia de raíces

Una vez transcurridos los 15 días post siembra de las vitroplantas en condiciones *ex vitro*, se seleccionaron 72 plantas al azar para comprobar la presencia o ausencia de raíces en ambos cultivares. Con el tamaño de muestra mencionado, Barraganete y Curaré mostraron la presencia de raíces en un 100% cuando se realizó la evaluación de su sistema radicular mediante observación visual.

Este alto porcentaje de presencia de raíces se debe en gran medida al alto índice de sobrevivencia de las plántulas durante el proceso de aclimatación, por lo tanto, queda claro que la sobrevivencia depende de la presencia de raíces debido a que estas son las responsables directas de la absorción de agua y sales minerales para mantener funcionamiento de los tejidos aéreos de las plántulas de plátano.

Vilchez *et al.* (2011), indica que enraizamiento *ex vitro* está inherentemente relacionado con el índice de sobrevivencia de la vitroplantas, es decir, que las plántulas que lograron sobrevivir siempre produjeron raíces. Otra característica importante que menciona Saucedo *et al.* (2008), es la buena calidad de los brotes previo a la fase de aclimatación *ex vitro*, lo que garantiza la adecuada formación y rápido desarrollo de raíces, lo cual a su vez asegura que las vitroplantas logren una inmediata absorción de agua y nutrientes del sustrato en que fueron establecidas.

9. CONCLUSIONES

El mejor tratamiento para el enraizamiento *in vitro* para los cultivares de plátano Barraganete y Curaré fue el medio de cultivo MS + 0.3 mg/l IBA + 1 g/l de CA.

Los cultivares Barraganete y Curaré muestran paridad de sobrevivencia durante la aclimatación al someterlas a idénticas condiciones de desarrollo *ex vitro*, mientras las diferencias observadas respecto a la altura de planta y emisión foliar son resultado de patrones de crecimiento propios de cada una de las variedades de plátano estudiadas, lo cual hace que se expresen de manera independiente durante la fase de aclimatación.

10. RECOMENDACIONES

Utilizar medio Murashige Skoog sin adición de IBA y Carbón Activado para el enraizamiento *in vitro* de los cultivares de plátano Barraganete y Curaré.

Realizar estudios análogos que impliquen el uso de reguladores de crecimiento de distinta naturaleza química a IBA como el IAA y BAP, también utilizados el enraizamiento *in vitro* de banano y plátano.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, V. M.; Ortiz, V. J.; Sandoval, F. J. (2008). Embriogénesis somática en plátanos y bananos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Corporación Bananera Nacional (CORBANA). Boletín Técnico N. 07.
2. Al-Amin, M.; Karim, M.R.; Amin, M.R.; Rahman S. y Mamun, N.M. (2009). *In vitro* Micropropagation of Banana (*Musa* spp.). Bangladesh J. Agril. Res. 34(4) : 645-659
3. Álvarez, E.; Cevallos, G.; Gañán, L.; Rodríguez, D.; Gonzáles, S. y Pantoja, A. (2013). Producción de material de siembra limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-as090s.pdf>
4. Angarita, A.; Pera, M. (1991). Microprogración de plátanos y bananos. Disponible en: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Cultivo%20de%20Tejidos%20en%20la%20Agricultura/capitulo22.pdf>
5. Barrera, J. L.; Cardona, C. E. y Cayón, D. G. (2011). El cultivo de plátano (*Musa* AAB simmonds): Ecofisiología y manejo cultural sostenible. Zenú Editorial. Córdoba, AR. p.102
6. Basail, P. M.; Medera, V. V.; Torres, D. M.; López, T. J.; Santos, P. A.; Rayas, C. A.; Bauta, T. M.; Beovidez, G. Y.; Ortega, A. (2013). Nueva alternativa para la micropropagación en inmersión temporal de plátano vianda “INIVITPV 2011”. Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT). Villa Clara, Cuba. Disponible en: www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/39842/41760

7. Camayo, J. A. (2015). Estado actual del mejoramiento genético del banano y el plátano. Popayán, Cauca, Colombia. Disponible en: <http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/3610/1/76330087.pdf>
8. Canchignia, H. F.; Sigcha, L. E.; Toaquiza J. P.; Ramos, L. E.; Saucedo, S. C.; Carranza, M. S. y Cevallos O. F. (2008). Alternativas para la propagación *in vitro* de plátano variedad maqueño (*Musa balbisiana* AAB). Ciencia y Tecnología 1: 43-48.
9. Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo *in vitro*: Una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ad/2004/ad_382.pdf
10. Castro, D. J. Díaz y N. Montoya. (2002). Propagación Clonal de banano en Biorreactores de Inmersión Temporal. Memorias de XV Reunión Internacional ACORBAT. Cartagena de Indias, Colombia. p. 44-88
11. Cedeño, E. (2015). Micropropagación de banano orito (*Musa acuminata* AA) a partir de meristemas florales. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. p 12.
12. Criollo, E. H.; Insuasti, K.; Delgado, W. (2016). Cultivo de plántulas de tomate de árbol propagadas por *in vitro*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol. 10. Universidad de Nariño, Pato, Colombia. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n2/v10n2a06.pdf>
13. Curtis, H. y Barnes, N.S. (1997). Invitación a la Biología. 5ta Ed. Ed. Panamericana.

14. Devendrakumar, D.; Anbazhagan, M. y Rajendran, R. (2013). *In Vitro* propagation of Banana (*Musa acuminata* L.) cv.Cavandish Dwarf. International Journal of Research in Biomedicine and Biotechnology. 3(3): 44-46
15. Diez, J. y Gil, L. (1999). "Culturing of cell tissues within the Spanish breeding programme against Dutchelm disease". In: Proceedings of Application of Biotechnology to Forest Genetics. Biofor 99. Espinel S., Ritter E. (Ed.). Spain. pp.307-311.
16. Ferdous, M. H.; Billah, A.A.; Mehraj, H.; Taufique, T. y Uddin, J. (2015). BAP and IBA pulsing for *in vitro* multiplication of banana cultivars through shoot-tip culture. Journal of Bioscience and Agriculture Research. 3(2): 87-95
17. Frampton, L. J.; Amerson, H. V. y Leach, G. N. (1998). "Tissue culture method affects *ex vitro*, growth and developmentt of loblolly pine". New Forests 16: 125-138.
18. Gubbuk, H. y M. Pekmezci. (2006). *In vitro* propagation of banana (*Musa* spp.) Using thidiazuron and activated charcoal. Acta Agriculture Scandinavica 56(1): p. 65-69.
19. Gubbuk, H. y Pekmezci, M. (2004). *In Vitro* Propagation of Some New Banana Types (*Musa* spp.) Turkey J. Agric Forestry. 28: 355- 361.
20. Heit, G. (2009). Banano. SINAVIMO. Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. 5p. en Molina N. (2016). La producción de frutas tropicales: panorama mundial y en Argentina. INTA. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_hd42_frutas_tropicales_0.pdf
21. Hoyos, L.; Pera, C.; Velazco, R. (2008). Evaluación del Efecto de diferentes concentraciones de fitohormonas en la micropropagación del Plátano Dominic Hartón

- (*Musa* AAB Simmons). Universidad del Cauca, Popayán. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v6n2/v6n2a13.pdf>
22. Huq, A.; Akter, S.; Islam, S. y Khan, S. (2012). *In vitro* plant regeneration in Banana (*Musa* spp.) cv. Sabri. Bangladesh J. Sci. Ind. Res. 47(2):143-146.
23. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2012). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Disponible en:
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>
24. Khatun, F.; Hoque, M.E.; Huq, H.; Adil, M.; Ashraf-Uz-Zaman, K. y Haque, M. (2017). Effect of BAP and IBA on *in vitro* Regeneration of Local Banana Variety of Sabri. Biotechnology Journal International. 18(1): 1-10.
25. León, J. (1968). Fundamentos botánicos de cultivos tropicales. ICA. 1era. Ed. Pág 108-120.
26. Luna, R. M.; Del Valle, E.; Velasco, V. V.; Chávez, S. J. (2010). Efecto del sustrato y fertirriego en el crecimiento inicial de vitro plantas de *Musa* sp. Cv. Roatán. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/225069906_Efecto_del_sustrato_y_fertirriego_en_el_crecimiento_inicial_de_vitro-plantas_de_Musa_sp_cv_Roatan
27. Macías, F. y Sotomayor, H. I. (1994). Propagación "*in vitro*" de Musáceas. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichelingue, Programa de Café. (Boletín Divulgativo N°. 245).

28. Madhulatha, P.; Anbalagan, M.; Jayachandaran, S. y Sakthivel, N. (2004). Influence of liquid pulse treatment with growth regulators on *in vitro* propagation of banana (*Musa* sp. AAA). *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 76:189-192.
29. Martínez, R.; Azpiroz, H.S.; Rodríguez, J.L.; Cetina, V.M. y Gutiérrez, M.A. (2005). Aclimatación de plantas obtenidas *in vitro* de *Eucalyptus urophylla* s.t. blake y *Eucalyptus grandis* hill ex Maiden. *Redalyc.* 1(3): 591-597.
30. Medina, M. A.; Medina, C. L.; Medina, L. K. (2015). Propagación *in vitro* de *Musa* acuminate plátano bocadillo del Chocó, Colombia, a partir de meristemos apicales. Disponible en: [file:///C:/Users/HOME/Downloads/Dialnet-PropagacionInVitroDeMusaAcuminataSimmundsPlatanoBo-5168113%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HOME/Downloads/Dialnet-PropagacionInVitroDeMusaAcuminataSimmundsPlatanoBo-5168113%20(1).pdf)
31. Medina, N. R.; Sánchez, M. G.; Romero, O. J.; Santos, O. M. y Guzmán G. S. (2009). Diversidad Genética de Bananos y Plátanos (*Musa* spp.) Determinada mediante marcadores RAPD. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima. Disponible en: <http://revistafitotecniamexicana.org/documentos/32-1/1a.pdf>
32. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca. (2014). Boletín Situacional plátano. Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2014/nboletin-situacional-de-platano-2014-actualizado.pdf>
33. Murashige, T. (1974). Plant propagation through tissue cultures. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 25:135-166. En: Roca W. M.; Mroginski L. A. (1991). Cultivos de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pp 113

34. Ngomuo, M.; Mneney, E. y Ndakidemi, P.A. (2014). The *in vitro* Propagation Techniques for Producing Banana Using Shoot Tip Cultures. American Journal of Plant Sciences. 5: 1614-1622
35. Olivera, R. y S. Silvia. (1997). Avaliacao de micropropagación comercial en banano. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 32 (4): p. 415-420.
36. Olivera, V., Gutiérrez, M., Gutiérrez, J, y Andrade, M. (2000). Cultivo *in vitro* de Gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus) y su aclimatación en invernadero. Bioagro. 12: 75-80.
37. Orellana, J.; Unda J.; Patricio Analuisa. (2002). Estudio de Comercialización del plátano en la zona Norte del trópico húmedo ecuatoriano. Publicación Miscelánea.
38. Orellana, M. (1997). Desarrollo de un sistema de cultivo *in vitro* para los explantes nodales de caoba (*Swietenia macrophylla*. King). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4781/Desarrollo_de_un_sistema_de_cultivo_in_vitro.pdf
39. Ortega, N.; Korneva, S. Ruiz, O; Santos, E.; Peralta, E. (2010). Obtención de Multimeristemas y Callos de Diferentes Variedades de Banano y Plátano (*Musa* spp.) a partir de Meristemas apicales. Guayaquil, Ecuador. Disponible en: www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/viewFile/41/13
40. Palencia, C. Gildardo, E.; Gómez, S. R.; Martín, S. José E. (2006). Manejo sostenible del cultivo del plátano. Corpoica, Gobierno de Boyacá, Corpoboyaca. Bucaramanga. Disponible en: <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Cultivodelplata.pdf>

41. Paulos, M.; Khandagale, V.G. y Nadkarmi, B.H. (2013). Effect of IAA and IBA *in vitro* Rooting of Banana (*Musa Paradisiaca*) Cv. Grand Naine. International Journal of Science and Research. 4(5): 959-962
42. Pedroza, M. J. A. (2008). Aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales en condiciones *in vitro*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Pp 58-68.
43. Pérez, P. (1998). Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. p. 9
44. Preece, J. E. y Sutter, E. G. (1991). “Acclimatization of micropropagated plant to the greenhouse and field”. In: Debergh P.C., Zimmerman, R.H. Micropropagation technology and application. Editorial Dordrech Kluwer Academic Press. pp. 71 – 93.
45. Proecuador. Instituto de Promoción de Exportación e Inversiones. (2015). Análisis Sectorial: Plátano. Disponible en: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/proec_as2015_platano1.pdf
46. Rahman, S.; Biswas. N.; Hassan. M.M.; Ahmed, M.G.; Mamun, A.N.K. y Islam, M.R. (2013). Micro propagation of Banana (*Musa spp.*) cv. Agnishwar by *in vitro* shoot tip culture. Int. Res. J. Biotech.4(4):83-88.
47. Recalde, B. C. A. (2007). Establecimiento del cultivo *in vitro* y aclimatación en invernadero de Nepeta hederácea variegata, Tumbaco – Pedro Moncayo. Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de ciencias de la vida. Tesis en Ingeniero en Biotecnología. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1195/1/T-ESPE-014978.pdf>
48. Rhaman, M.M.; Rabbani, M.D.; Rahman, M.A. y Uddin, F. (2002). *In vitro* Shoot Multiplication and Rooting of Banana cv. Sabri. Pakistan Jorurnal of Biological Sciences. 5(2): 161-164

49. Robinson, J. C.; Galán V. S. (2012). Plátanos y Bananas. Ed. Mundi Prensa. 2da Ed.
50. Roldan, D.; Salazar, M.; Tejada, M.; Peña, Y. (2004). Caracterización de la cadena de plátano en Colombia. IICA. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0040e/B0040e.pdf>
51. Román, C. (2012). Consideraciones epidemiológicas para el manejo de la Marchitez por fusarium (*Fusarium oxysporum* f sp. cubense) del banano en la región central del Perú. ORTON- CATIE. p 10.
52. Sandoval, J. A.; Brenes, G.; Sánchez, P. L. (1991). Micropropagación de plátano y banano (*Musa* AAB Y AAA) en CATIE. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6887e/A6887e.pdf>
53. Saucedo, S.; Ramos, L y Reyes, T. (2008). Efecto de los reguladores de crecimiento para la micropropagación *in vitro* de la malanga (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Ciencia y Tecnología, 1: 17-21.
54. Scaranari, C.; Martins, P.A. y Mazzafera, P. (2009). Shading and Periods of acclimatization of micropropagated banana plantlets cv. Grande Naine. Sci. Agric. 66(3): 331-337.
55. Sunshine, F; Real L. y Mogollón N. (2010). Regeneración *in vitro* del plátano cv. 'hartón gigante' (*Musa* AAB). Boletín del centro de investigaciones biológicas volumen 44, no. 4, pp. 425-440 Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Disponible en: <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/boletin/article/view/280/280>
56. Ulloa, S. M. (2012). Manual del cultivo de plátano de exportación. Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales (GIAT), del Departamento de Ciencias de la Vida de

la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). Disponible en: <http://giat.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2012/12/Outline-del-libro.pdf>

57. Uzaribara, E.; Nachegowda, V.; Ansar, H.; Sathyanarayana, B.N. y Taj, M. (2015). *In vitro* Propagation of red Banana (*Musa Acuminata*). The Bioscan. 10(1): 125-129
58. Uzcátegui, J.; Hernández, Y.; Osorio, D.; y Rivas M. (2010). Evaluación del comportamiento *in vitro* de ápices de plátano cv. “Hartón” y “Hartón Doble Tallo”. Producción Agropecuaria/ Biotecnología. Vol. 3, N°1. pp. 7-8.
59. Vargas, A.; Acuña, P. y Valle, H. (2015). Emisión foliar en plátano y su relación con la diferenciación floral. Agron. Mesoam. 26(1):119-128.
60. Vidhya, R. (2002). Cultivos de tejidos de *Musa acuminata* Colla. Universidad de Kerala. India. En: Info *Musa* (Revista Internacional sobre bananos y plátanos). 2004. Vol. 13. N. 1. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=WQchyzW3JGcC&pg=PA35&dq=platanoin+vitro&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjS3qeW1pnVAhXGNT4KHRSrASgQ6AEIOzAF#v=onepage&q=platanoin%20vitro&f=false>
61. Vilchez, J.; Albany, N.; Martínez, L.; Molina, M. Pirela, C.; Molina, M.; Alvarez, C y Chirinos, J. (2011). Multiplicación en sistemas de inmersión temporal y enraizamiento *ex vitro* de ocumo blanco (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Rev. Colomb. Biotecnol. 13(1): 94-102

12. ANEXO

Anexo 1. Análisis de varianza para porcentaje de enraizamiento

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Porcentaje enraizamiento					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	464,410 ^a	11	42,219	1,390	,240
Intersección	342712,674	1	342712,674	11280,143	,000
Cultivar	39,062	1	39,062	1,286	,268
Medios	334,201	5	66,840	2,200	,088
Cultivar * Medios	91,146	5	18,229	,600	,700
Error	729,167	24	30,382		
Total	343906,250	36			
Total corregida	1193,576	35			

a. R cuadrado = ,389 (R cuadrado corregida = ,109)

Anexo 2. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de las medias de Porcentaje de Enraizamiento (Cultivar x medio de enraizamiento).

DHS de Tukey

Cultivar x Medios	N	Subconjunto para alfa =
		a
Cul1 x M1	3	87,50
Cul1 x M2	3	00
Cul1 x M4	3	95,83
Cul2 x M1	3	33
Cul2 x M2	3	95,83
Cul2 x M4	3	33
Cul 2 x M5	3	95,83
Cul 2 x M6	3	33
Cul1 x M3	3	95,83
Cul1 x M5	3	33
Cul1 x M6	3	100,00
Cul2 x M3	3	00
Sig.		100,00

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 30,382.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

b. Alfa = ,05.

Anexo 3. Análisis de varianza para Número de hojas

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Número de hojas					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	10,916 ^a	11	,992	1,624	,155
Intersección	549,621	1	549,621	899,645	,000
Cultivares	3,844	1	3,844	6,292	,019
Medios de enraizamiento	6,030	5	1,206	1,974	,119
Cultivares * medios de enraizamiento	1,041	5	,208	,341	,883
Error	14,662	24	,611		
Total	575,199	36			
Total corregida	25,578	35			

a. R cuadrado = ,427 (R cuadrado corregida = ,164)

Anexo 4. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de las medias de Número de Hojas (Cultivar x medio de enraizamiento).

Número de hojas		
HSD de Tukey		
Variedades * Medios de enraizamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		a
Cultivar 1 X Medio 3	3	3,0433
Cultivar 1 X Medio 4	3	3,2233
Cultivar 1 X Medio 5	3	3,4567
Cultivar 1 X Medio 6	3	3,5600
Cultivar 2 X Medio 3	3	3,7100
Cultivar 1 X Medio 2	3	3,7467
Cultivar 2 X Medio 2	3	3,8213
Cultivar 2 X Medio 4	3	3,9200
Cultivar 1 X Medio 1	3	4,4533
Cultivar 2 X Medio 5	3	4,4967
Cultivar 2 X Medio 6	3	4,5967
Cultivar 2 X Medio 1	3	4,8600
Sig.		,222

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Anexo 5. Análisis de varianza de altura de planta

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Altura de Planta					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
0	43,480 ^a	11	3,953	1,937	,085
Intersección	1455,804	1	1455,804	713,222	,000
Cultivares	,391	1	,391	,191	,666
Medios de Enraizamiento	26,056	5	5,211	2,553	,055
Cultivares * Medios de Enraizamiento	17,034	5	3,407	1,669	,180
Error	48,988	24	2,041		
Total	1548,272	36			
Total corregida	92,468	35			

a. R cuadrado = ,470 (R cuadrado corregida = ,227)

Anexo 6. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de medias de altura de planta con diferentes medios de enraizamiento

Altura de Planta			
DHS de Tukey			
Medios de enraizamiento	N	Subconjunto	
		b	a
5	6	5,2583	
4	6	5,6533	5,6533
3	6	6,1483	6,1483
2	6	6,2633	6,2633
6	6	7,0000	7,0000
1	6		7,8317
Sig.		,315	,126

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.
 Basadas en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 2,041.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = ,05.

Anexo 7. Análisis de varianza de Diámetro de Pseudotallo

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Diámetro de Pseudotallo					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	22,803 ^a	11	2,073	3,395	,006
Intersección	510,760	1	510,760	836,466	,000
Cultivares	2,102	1	2,102	3,443	,076
Medios de enraizamiento	12,392	5	2,478	4,059	,008
Cultivares * Medios de enraizamiento	8,308	5	1,662	2,721	,044
Error	14,655	24	,611		
Total	548,218	36			
Total corregida	37,458	35			

a. R cuadrado = ,609 (R cuadrado corregida = ,429)

Anexo 8. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de medias de Diámetro de Pseudotallo (Cultivar x medio de enraizamiento).

Diámetro de Pseudotallo			
HSD de Tukey			
Variedades * Medios de enraizamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		b	a
Cultivar 1 x Medio 5	3	3,1267	
Cultivar 1 x Medio 6	3	3,1633	
Cultivar 2 x Medio 6	3	3,2133	
Cultivar 1 x Medio 3	3	3,2533	
Cultivar 2 x Medio 5	3	3,3767	
Cultivar 2 x Medio 3	3	3,5467	
Cultivar 2 x Medio 4	3	3,5867	
Cultivar 1 x Medio 2	3	3,6200	
Cultivar 1 x Medio 1	3	3,8800	3,8800
Cultivar 1 x Medio 4	3	4,1067	4,1067
Cultivar 2 x Medio 1	3	4,1700	4,1700
Cultivar 2 x Medio 2	3		6,1567
Sig.		,879	,054

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Anexo 9. Análisis de varianza para longitud de raíz

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Longitud de Raíz					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	153,609 ^a	11	13,964	5,315	,000
Intersección	4163,476	1	4163,476	1584,686	,000
CULTIVARES	14,529	1	14,529	5,530	,027
Medios de enraizamiento	122,711	5	24,542	9,341	,000
Cultivares * Medios de enraizamiento	16,370	5	3,274	1,246	,000
Error	63,056	24	2,627		
Total	4380,141	36			
Total corregida	216,665	35			

a. R cuadrado = ,709 (R cuadrado corregida = ,576)

Anexo 10. Prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) de medias de Longitud de raíz (Cultivar x medio de enraizamiento).

Longitud de Raíz				
HSD de Tukey				
Variedades * Medios de enraizamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		c	b	a
Cultivar 1 x Medio 1	3	8,1133		
Cultivar 1 x Medio 4	3	8,6000		
Cultivar 2 x Medio 2	3	8,6500		
Cultivar 1 x Medio 2	3	9,5600	9,5600	
Cultivar 1 x Medio 3	3	9,8933	9,8933	
Cultivar 1 x Medio 5	3	10,2433	10,2433	
Cultivar 2 x Medio 3	3	10,9267	10,9267	10,9267
Cultivar 2 x Medio 5	3	10,9900	10,9900	10,9900
Cultivar 2 x Medio 1	3	11,1767	11,1767	11,1767
Cultivar 2 x Medio 4	3	11,4333	11,4333	11,4333
Cultivar 1 x Medio 6	3		14,3033	14,3033
Cultivar 2 x Medio 6	3			15,1600
Sig.		,380	,052	,116

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Anexo 11. Correlación de Pearson para la relación de las variables diámetro de pseudotallo y altura de planta

Correlación de Pearson			
		Diámetro de Pseudotallo	Altura de planta
Diámetro de Pseudotallo	Correlación de Pearson	1	,116
	Sig. (bilateral)		,499
	N	36	36
Altura de planta	Correlación de Pearson	,116	1
	Sig. (bilateral)	,499	
	N	36	36
r = 0,1164			

Anexo 12. Prueba de t-student para la comparación de medias de altura de planta 20 DDS

Prueba de muestras independientes									
	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
ALTURA DE PLANTA 20 DDS	5,946	,016	9,026	142	,000	2,15417	,23865	1,68240	2,62593
			9,026	124,03	,000	2,15417	,23865	1,68181	2,62652

Anexo 13. Prueba de t-student para la comparación de medias de altura de planta 40 DDS

Prueba de muestras independientes									
	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
ALTURA DE PLANTA 40 DDS	,062	,804	20,600	142	,000	5,45417	,26477	4,93077	5,97756
			20,600	139,22	,000	5,45417	,26477	4,93068	5,97765

Anexo 14. Prueba Kaplan-Meier (Estadístico de prueba Log Rank) para supervivencia de cultivares de plátano a la aclimatación

Resumen del procesamiento de los casos				
Tratamiento	N° total	N° de eventos (plantas vivas)	Censurado (Muertas)	
			N°	Porcentaje
Barraganete	720	714 (99,2%)	6	0,8%
Curaré	720	716 (99,4%)	4	0,6%
Global	1440	1430	10	0,7%
Comparaciones globales				
	Chi-cuadrado	gl	Sig.	
Log Rank (Mantel-Cox)	,403	1	,526	
Prueba de igualdad de distribuciones de supervivencia para diferentes niveles de Tratamiento.				