



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ACLIMATACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL EN CAMPO DE VITROPLANTAS DE BANANO (*Musa spp* var. Cavendish) EN EL CANTÓN PALTAS

TESIS DE GRADO PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Lenin Alexander Medina Criollo

DIRECTOR:

Ing. Ángel Gonzalo Jaramillo Gonzáles Mg.Sc

Loja - Ecuador

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

CERTIFICACIÓN

Ing. Ángel Gonzalo Jaramillo Gonzáles Mg.Sc.
DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de la tesis titulada "ACLIMATACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL EN CAMPO DE VITROPLANTAS DE BANANO (*Musa spp* var. Cavendish) EN EL CANTÓN PALTAS" de autoría del Señor Egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica **Lenin Alexander Medina Criollo**, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, 29 Noviembre del 2017

Atentamente,




Ing. Ángel Gonzalo Jaramillo Gonzales Mg.Sc.
DIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Que el proyecto de tesis titulado “**ACLIMATACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL EN CAMPO DE VITROPLANTAS DE BANANO (*Musa spp var. Cavendish*) EN EL CANTÓN PALTAS**” de la autoría del señor egresado **LENIN ALEXANDER MEDINA CRIOLLO** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, ha incorporado las observaciones realizadas por el tribunal en el momento de la calificación. Por lo que se autoriza la impresión del trabajo y seguir con los trámites de graduación.

Loja, 30 de Noviembre del 2017



Ing. Félix Hernández Cueva
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
CALIFICADOR**



Klever Chamba Caillagua

Ing.
VOCAL



Paulina Fernández Guarnizo

Ing.
VOCAL

AUTORÍA

Yo, **Lenin Alexander Medina Criollo**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Lenin Alexander Medina Criollo

Firma: -----

Cédula: 1104902166

Fecha: Loja, 08 de Mayo del 2018

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, Lenin Alexander Medina Criollo, autor de la tesis titulada “**ACLIMATACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL EN CAMPO DE VITROPLANTAS DE BANANO (*Musa spp* var. *Cavendish*) EN EL CANTÓN PALTAS**”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero Agrónomo, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero. Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 8 días del mes de Mayo del 2018, firma el autor.

Firma: 

Autor: Lenin Alexander Medina Criollo

Número de cédula: 1104902166

Dirección: Provincia Loja, Cantón Loja, Barrio Miraflores.

Correo electrónico: axcelalexander@gmail.com

Teléfono celular: 0992238995

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Ángel Gonzalo Jaramillo Gonzales Mg.Sc.

Tribunal de grado: Ing. Félix Hernández Cueva, Mg. Sc

Ing. Klever Chamba Caillagua

Ing. Paulina Fernández Guarnizo, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos a todos quienes hicieron posible la culminación de la presente investigación:

A mi padre Lenin Kowalski Medina Jaramillo, mi madre Roselia del Carmen Criollo Mosquera y a mi hermano Lenin Alejandro Medina Criollo, quien con su apoyo moral y económico me ayudaron a terminar mis estudios universitarios.

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a todos los docentes por sus conocimientos y experiencias brindadas durante los años de vida universitaria

Al Ing. José A. Moreno Serrano Mg Sc., y a la Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo, ex directores de tesis, por su asesoramiento y ayuda durante un periodo en la realización del presente trabajo de investigación

Al Ing. Ángel Gonzalo Jaramillo González actual director de tesis, por su tiempo, guía, orientación, apoyo incondicional y asesoramiento en la realización exitosa de la presente investigación.

Al Laboratorio de Micropropagación Vegetal, por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación; de manera especial a la Ing. Julia Esther Minchala Patiño, Ing. Magali Yaguana Arévalo, Ing. Mauricio Sinche Freire, por permitirme formar parte del Macroproyecto de investigación del Laboratorio, por su apoyo desinteresado, por la dedicación de su tiempo, por haber compartido conmigo sus conocimientos, siempre les estaré muy agradecido.

A los señores miembros del tribunal: Ing. Félix Hernández Cueva, Mg.Sc., Ing. Paulina Fernández Guarnizo, Mg.Sc., Ing. Klever Chamba Caillagua, por haber aceptado ser miembros del tribunal de grado y por las importantes sugerencias dadas al presente.

Y finalmente, a mis compañeros y amigos de la Universidad, que durante cinco años de carrera supieron brindarme su apoyo y paciencia y con quienes tuve la dicha de compartir momentos inolvidables de aprendizaje.

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi madre Roselia

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Kowalski.

Por su apoyo incondicional, Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi hermano Alejandro

Por haberse convertido en mi inspiración y mi motivo de superación, por ser además de mí hermano, mi mejor amigo, y sobre todo por el apoyo que me ha dado en todo este tiempo.

A mis familiares.

A mi tía Lidia Criollo por haberme apoyado y aconsejado durante el transcurso de mi vida académica y a mi primo Dany Azanza que supo brindarme su apoyo incondicional siempre que lo necesite ¡Gracias a ustedes!

A mis maestros.

Ing. Paulina Fernández por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

A mis amigos.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Rafael Jimbo, Oscar Ramírez, Cesar Vaca, Guisella Sánchez, Klever Galván, Jhinson Martínez y Janio Salinas.

¡Gracias a todos ustedes!

Lenin Alexander Medina Criollo

INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
INDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.5. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE BANANO	6
2.5.1. Factores que afectan el crecimiento de las plantas.....	7
2.5.2. Requerimientos nutricionales del cultivo de banano.....	9
2.5.3. Principales funciones de los nutrimentos esenciales en el cultivo del banano.....	9
2.6. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN.....	11
2.7. CONSIDERACIONES GENERALES	13
2.7.1 Cultivo <i>in vitro</i> de plátano.....	13
2.7.2 Micropropagación	13
2.7.3. Factores que intervienen en la producción de vitroplantas	14
2.8. FASE DE ACLIMATACIÓN.....	15
2.8.1. Factores que intervienen en la fase de aclimatación de vitroplantas.....	15
2.9. INSTALACIONES UTILIZADAS PARA LA ACLIMATACIÓN.....	18
2.10. MANEJO DE LAS PLANTAS.....	21
2.11. SUSTRATOS.....	22
2.11.1. Tipos de sustratos.....	22

2.12. CONTROL FITOSANITARIO.....	24
2.13. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE BANANO	26
2.13.1. Preparación del terreno.....	26
3. MÉTODOLOGIA	29
3.1. Ubicación del área de estudio	29
3.1.1. Fase de Laboratorio	30
3.1.2. Fase de invernadero:.....	30
3.1.3. Fase de campo	30
3.2. Metodología para determinar el efecto de tres tipos de sustrato en vitroplantas de banano en la fase de aclimatación.	31
3.2.1. Preparación y desinfección de sustratos	31
3.2.2. Fase de aclimatación	31
3.2.3. Siembra de las vitroplantas en los sustratos	32
3.2.4. Fase de invernadero.....	33
3.2.5. Diseño experimental para la fase de aclimatación de vitroplantas de banano.....	35
3.3. Metodología para evaluar el efecto de tres tipos de fertilizante base en el crecimiento inicial en campo de vitroplantas de banano en la fase de campo.....	37
3.4. Metodología para la difusión de resultados de la investigación a los actores involucrados, docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronómica.....	44
4. RESULTADOS	45
4.1. Desarrollo de las vitroplantas de banano (Musa spp. Var Cavendish) en la fase de aclimatación.	45
4.1.1. Altura de vitroplantas	45
4.1.2. Número de hojas de vitroplantas	46
4.1.3. Longitud de raíces en vitroplantas.....	47
4.1.4. Número de raíces en vitroplantas	48
4.1.5. Porcentaje de mortalidad	48
4.2. Desarrollo de las vitroplantas de banano (Musa spp. Var Cavendish) en la fase de campo. .	49
4.2.1. Altura de planta	49
4.2.2. Número de hojas.....	50
4.2.3. Superficie foliar	51
4.2.4. Diámetro del pseudotallo.....	52
4.2.5. Porcentaje de mortalidad	53
4.3. Difusión de la información generada	53

5.	DISCUSIÓN	55
5.1.	Fase de aclimatación de vitroplantas de banano empelando tres tipos de sustratos.	55
5.2.	Desarrollo inicial de vitroplantas de banano en campo empleando tres tipos de fertilizante base.	58
6.	CONCLUSIONES	61
7.	RECOMENDACIONES	62
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	63
9.	ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos para evaluar los diferentes sustratos	35
Cuadro 2. Tabla de Toma De datos para la fase de aclimatación de vitroplantas de banano	36
Cuadro 3. Formato de cuadro para el análisis estadístico de la presente tesis	37
Cuadro 4. Tratamientos y proporciones	42
Cuadro 5. Tabla de toma de datos para la fase de campo de vitroplantas de banano	42
Cuadro 6. Formato de cuadro para el análisis estadístico de la presente tesis	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja y su Zonificación: Z10. S02. MD. B2. Lab 101	29
Figura 2. Mapa del Cantón Paltas, cabecera cantonal Catacocha	30
Figura 3. A) Tipos de sustrato para la aclimatación de las vitroplantas (arena, tierra negra, turba). B) Desinfección de sustratos a vapor húmedo (carretillas o ahumadoras).....	31
Figura 4. A) Cuarto de aclimatación, B) y C) Vitroplantas aclimatadas con hojas verdaderas y sus raíces	32
Figura 5. A) Vitroplantas extraída del frasco. B) Vitroplantas lavadas sus raíces sin agar, limpias sin material necrosado. C) Vitroplantas en la solución de Kasumin (solución Fungicida-bactericida) D) siembra de vitroplantas. E) vitroplantas sembradas. F) Aplicación de fertilizante MORE 2ml/l G) Vitroplantas colocadas dentro de funda plástica para su adaptación y crecimiento. H) Evaluación según parámetros a considerarse.	33
Figura 6. A). Plántula de Banano previo al trasplante en fundas plásticas, B). Trasplante de plántulas de Banano, C) Etiquetado de plántulas de Banano.	34
Figura 7. A) y B): Selección del terreno (barrio la Florida, cantón Paltas).....	38
Figura 8. Hoyado para siembra de vitroplantas de Banano,.....	38
Figura 9. A.) Medida de fertilizante por cada tratamiento. B.) Aplicación de fertilizante por tratamiento.....	39
Figura 10. Siembra de plantas de Banano	39
Figura 11. A.) Riego a vitroplantas de banano utilizando recipiente plástico. B.) Riego manual a vitroplantas de banano.....	40
Figura 12. A.) Toma de altura. B.) Contabilización del número de hojas	41
Figura 13. Promedio de altura en vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>), a los 120 días de la fase de aclimatación	45
Figura 14. Promedio del número de hojas en vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>), a los 120 días de la fase de aclimatación	46
Figura 15. Promedio de longitudes de raíces en vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>), a los 120 días de la fase de aclimatación.....	47
Figura 16. Promedio de número de raíces en vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>), a los 120 días de la fase de aclimatación	48

Figura 17. Promedio de altura de plántulas de Banano (<i>Musa</i> spp. var. Cavendish), a los 120 días de la fase de campo	49
Figura 18. Promedio de numero de hojas en plántulas de Banano (<i>Musa</i> spp. var. Cavendish), a los 120 días de la fase de campo	50
Figura 19. Promedio de superficie foliar en plántulas de Banano (<i>Musa</i> spp. var. Cavendish), a los 120 días de la fase de campo	51
Figura 20. Promedio del diámetro del pseudotallo en plántulas de Banano (<i>Musa</i> spp. var. Cavendish), a los 120 días de la fase de campo.	52
Figura 21. Porcentaje de mortalidad en plántulas de Banano (<i>Musa</i> spp. var. Cavendish), en los diferentes tratamientos aplicados en la fase de campo.	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de toma de datos para la fase de aclimatación.....	66
Anexo 2. Tabla de toma de datos para la fase de siembra en campo	66
Anexo 3. Tabla de datos final de la fase aclimatación de vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>)	67
Anexo 4. Análisis estadístico para al altura en vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>) en la fase de aclimatación.....	73
Anexo 5. Análisis estadístico para el numero de hojas en vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>) en la fase de aclimatación	73
Anexo 6. Análisis estadístico para el numero de raíces en vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>) en la fase de aclimatación	74
Anexo 7. Análisis estadístico para la longitud de raíces en vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>) en la fase de aclimatación	74
Anexo 8. Tabla de datos final de la fase de campo de vitroplantas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>)	75
Anexo 9. Análisis estadístico para la altura en plántulas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>) en la fase de campo	78
Anexo 10. Análisis estadístico para el numero de hojas en plántulas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>) en la fase de campo.....	78
Anexo 11. Análisis estadístico para el diámetro del pseudotallo en plántulas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>) en la fase de campo.	79
Anexo 12. Análisis estadístico para la superficie foliar en plántulas de Banano (<i>Musa spp. var. Cavendish</i>) en la fase de campo.....	79

**“ACLIMATACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL EN CAMPO
DE VITROPLANTAS DE BANANO (*Musa spp* var. Cavendish) EN EL CANTÓN
PALTAS”**,

RESUMEN

El cultivo de banano (*Musa* spp.) es una de las principales actividades económicas en algunas provincias de nuestro país como: Los Ríos y El Oro, en los cantones de estas provincias existen varias familias que se mantienen y alimentan de este cultivo. Adicionalmente, cabe resaltar que el banano genera gran cantidad de divisas para el país, debido a la exportación de esta fruta tan apetecida en mercados internacionales.

En la provincia de Loja la producción de este cultivo especialmente de la variedad Cavendish, es una actividad agrícola común, cuya producción se ve disminuida debido a la presencia de plagas y enfermedades, especialmente de la Sigatoka negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, que según (Moreira, 2015) produce pérdidas de producción del 50 %, motivo por el cual su implementación es cada vez menor, pues para los agricultores es sumamente costoso combatirlas.

La mayoría de los productores de banano conocen muy poco acerca de las ventajas de emplear plantas meristemáticas para la renovación de sus cultivos y la iniciación de cultivos nuevos, es por ello que existe un mercado potencial para la introducción de plantas *in vitro* de banano en nuestro país. Actualmente, los protocolos para todas las fases del cultivo *in vitro* de banano se encuentran establecidos pero aún es necesario afinar ciertos detalles.

Bajo esta perspectiva y con el ánimo de aportar a la generación de información sobre las fase de aclimatación y fase de campo del cultivo de Banano (*Musa* spp), se realizó la presente investigación “Aclimatación y Evaluación del crecimiento inicial en campo de vitroplantas de Banano (*Musa* spp var. Cavendish) en el cantón Paltas”, la misma que se desarrolló bajo el cumplimiento de los siguientes objetivos: a) Determinar el efecto de tres tipos de sustratos en el desarrollo de vitroplantas de banano en la fase de aclimatación, b) Evaluar el efecto de tres tipos de fertilizante base en el crecimiento inicial de vitroplantas de banano en la fase de campo, y, d) Difundir los resultados de la investigación

Se utilizó un Diseño de Bloques al Azar (DBA), tanto para el ensayo en fase de aclimatación como para la fase de campo y para la comparación entre tratamientos se empleó el programa estadístico INFOSTAT.

En la fase de aclimatación, el Tratamiento 1 (Turba 100%) presento diferencias significativas en todas las variables a evaluar con respecto a los demás tratamientos, constituyéndose este tratamiento en el mejor del ensayo; en cambio en la fase de campo el mejor tratamiento fue el número 4 (BLAUKORN CLASSIC), pues presento diferencias significativas con el resto de tratamientos, convirtiéndose este en el mejor, pues mostro mejores condiciones en el desarrollo inicial de las vitroplantas de banano

En el trabajo de investigación expuesto se generó información sobre la fase de aclimatación y establecimiento en campo del cultivo de banano (*Musa* spp.), con la finalidad de conservar esta especie y dar nuevas alternativas de producción a las personas que trabajan en este cultivo.

Palabras clave: (*Musa* spp.), *in vitro*, fase de aclimatación, fase de campo.

SUMMARY

The cultivation of banana (*Musa* spp.) Is one of the main economic activities in some provinces of our country as: Los Ríos and El Oro, in the cantons of these provinces there are several families that are maintained and feed this crop. In addition, it should be noted that bananas generate a large amount of foreign exchange for the country, due to the export of this fruit so desired in international markets.

In the province of Loja the production of this crop, especially of the Cavendish variety, is a common agricultural activity whose production is diminished due to the presence of pests and diseases, especially black Sigatoka caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, which (Moreira, 2015) produces production losses of 50%, which is why its implementation is becoming smaller, because it is extremely expensive for farmers to combat them.

Most banana producers know very little about the advantages of using meristematic plants for the renewal of their crops and the initiation of new crops, which is why there is a potential market for the introduction of in vitro banana plants in our country. Currently, the protocols for all phases of in vitro banana cultivation are established but some details still need to be refined.

In this perspective and with the aim of contributing to the generation of information on the acclimatization and field phase of Banana (*Musa* spp) cultivation, the present research was carried out "Acclimatization and Evaluation of the initial growth in the field of vitro plants of Banano (*Musa* spp. Var. Cavendish) in the Paltas canton, which was developed under the following objectives: a) To determine the effect of three types of substrates in the development of banana vitroplants in the acclimation phase, b) Evaluate the effect of three types of base fertilizer on the initial growth of banana vitroplants in the field phase, and d) Disseminate the results of the research

A randomized block design (DBA) was used for both the acclimation and field phase trials and the INFOSTAT statistical program was used for the comparison between treatments.

In the acclimatization phase, Treatment 1 (Peat 100%) presented significant differences in all the variables to be evaluated with respect to the other treatments, constituting this treatment in the best of the test; In the field phase the best treatment was number 4 (BLAUKORN CLASSIC), because it presented significant differences with the other treatments, becoming this one the best, since it showed better conditions in the initial development of the banana vitroplants

In the research carried out, information was collected on the acclimatization phase and the establishment in the field of banana (*Musa* spp.) Cultivation, in order to conserve this species and give new alternatives of production to the people working in this crop.

Key words: (*Musa* spp.), *in vitro*, acclimatization phase, field phase.

1. INTRODUCCIÓN

El banano, es una fruta de gran importancia económica para los países que la producen. El área estimada sembrada de banano y plátano en todo el mundo alcanza los 10 millones de hectáreas para una producción aproximada de 84 millones de toneladas de frutas, que sólo más del 10% se exporta en todo el mundo. Los principales países productores de banano son: India, Brasil, Colombia, Indonesia, Filipinas y China. En Ecuador, más del 12% de la población trabaja en la producción y comercialización de esta fruta y contribuye a aproximadamente el 28% de las exportaciones totales que producen (1,9 miles de millones de dólares en 2010 y 2,2 millones en el 2011 que es el 32% del comercio mundial de banano) (Korneva, Flores, Santos, Piña, & Mendoza, 2013).

El banano y plátano (*Musa* spp.) pertenecen a la familia Musaceae, una de las mejor caracterizadas entre las monocotiledóneas. Genéticamente, las variedades comerciales se derivaron de las especies silvestres *Musa acuminata*., destacándose la variedad Cavendish, ampliamente cultivado con prácticas orgánicas en algunos cantones de la provincia de Loja, debido a su resistencia a la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), constituyéndose en una alternativa de progreso y bienestar económico para los pequeños y medianos agricultores de la región (Montenegro, Juárez, Rojas, Quevedo, & Paredes 2012).

Tradicionalmente la propagación del guineo se la realiza de forma vegetativa, separando los hijuelos de la planta madre para utilizarlos como material de propagación, lo que ocasiona que se requiera de gran cantidad de material vegetal para la siembra, diseminación de plagas y enfermedades, así como gran cantidad de mano de obra.

La insuficiente cantidad de plantas madres presentes en los cultivos de donde se obtiene el material vegetal de propagación (hijuelos/cormos), ligada a las malas condiciones fitosanitarias del material vegetal, así como la falta de asesoramiento técnico hacia los productores de banano, ha incidido en la baja producción y rentabilidad del cultivo considerando el sector rural de nuestra provincia de Loja, especialmente en el sector del cantón Paltas, parroquia Lauro Guerrero de donde se colecta este material vegetal.

Considerando estos aspectos, Actualmente existen técnicas alternativas destinadas a dar solución a los diferentes problemas del campo agrícola, entre los que se destaca la técnica del cultivo de tejidos vegetales *in vitro*, la cual tiene como principio fundamental la teoría de la totipotencia celular. Esta teoría enuncia la posibilidad de obtener una planta entera a partir de cualquier célula viva, bajo condiciones controladas de cultivo (Minchala, 2009). Las técnicas del cultivo de tejidos, en especial las relacionadas con el saneamiento de enfermedades sistémicas y la propagación masiva y rápida, se han convertido en herramientas indispensables en el desarrollo de la agricultura.

Esta técnica ha sido considerada como una alternativa para la propagación masiva de plantas y una de las más utilizadas en la propagación de especies que tienen dificultades en su propagación, entre las que se menciona el banano; con ella se logra aumentar la cantidad de material vegetal, obteniendo un gran número de plántulas a partir de un solo explante (meristemo), consiguiendo que este material esté libre de enfermedades, y reduciendo los costos de producción, debido a la escasa mano de obra, insumos, tiempo y espacio requeridos para su propagación.

El éxito de la propagación *in vitro* radica en lograr la aclimatación de las vitroplantas a las condiciones ambientales. La supervivencia de las vitroplantas regeneradas durante el periodo de adaptación depende fundamentalmente de las peculiaridades fisiológicas, estructurales y anatómicas que las plántulas presentan producto del desarrollo *in vitro*, lo cual permite una elevada humedad relativa en el interior de los frascos, baja intensidad luminosa, bajo intercambio gaseoso, abundante disponibilidad de nutrientes y carbono (generalmente en forma de sacarosa) y una pequeña variación de temperatura en un rango considerado óptimo para el cultivo (Morales 2013); (Torrejón 2006). Las características anatómicas y fisiológicas de las plantas micropropagadas hacen necesaria para su supervivencia en condiciones *ex vitro*, una gradual adaptación o aclimatación a las condiciones medioambientales del invernadero o del campo. En la fase de aclimatación se pretende que las plantas que han crecido *in vitro* y por lo tanto sólo han estado expuestas a un microambiente escogido por ofrecer unas condiciones mínimas de estrés y cuasi óptimas condiciones para la multiplicación de las plantas, se adapten a condiciones *ex vitro* donde las condiciones no son asépticas, ni la luz, temperatura y humedad están controladas, y donde el

crecimiento es autotrófico y no heterotrófico como *in vitro*. Es pues necesario reconstruir y desarrollar los sistemas que por adaptación a la condiciones *in vitro*, es el caso de la lignificación, cubiertas cuticulares, estomas y estructura fotosintéticas.

La presente investigación se realizó, como continuación del trabajo de investigación a nivel de pregrado de la Señorita Ingeniera Agrónoma Anabel K. Yaguachi Tandazo, quien obtuvo meristemos caulinares y el inicio de vitroplantas a partir de cormos o colinos de banano, material vegetal colectado de huertos familiares del cantón Paltas, parroquia Lauro Guerrero, para completar las fases de aclimatación, invernadero y campo, con la propuesta del proyecto “Aclimatación y evaluación del crecimiento inicial en campo de vitroplantas de banano (*Musa* spp var. Cavendish) en el cantón Paltas”, con el fin de generar información y aportar al proyecto “Desarrollo y Fortalecimiento del Laboratorio de Micropropagación Vegetal”, que la Universidad Nacional de Loja lleva a cabo a través del Laboratorio de Micropropagación Vegetal.

Los objetivos que orientaron la presente investigación son los siguientes:

Objetivo general

- Contribuir a la generación de información sobre los procesos de aclimatación y el crecimiento inicial en campo de vitroplantas de Banano (*Musa* spp var. Cavendish) en el cantón Paltas.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres tipos de sustrato en el desarrollo de vitroplantas de banano en la fase de aclimatación.
- Evaluar el efecto de tres tipos de fertilizante base en el crecimiento inicial de vitroplantas de banano en la fase de campo
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ORIGEN

El sureste asiático se considera el lugar de origen del banano cultivado. El cultivo se desarrolló simultáneamente en Malasia en las islas indonesias.

En los primeros tiempos la hoja del banano se usó como envoltura o como fuente de fibra y la fruta comestible, pero un gran porcentaje de las variedades conocidas tenían una alta proporción de semillas. Con los años al cultivarse la planta y originarse nuevos mutantes, se obtuvieron formas sin semilla en una etapa relativamente temprana de la historia de las plantas cultivadas. Referencias sobre el banano se han encontrado en la India 600 años antes de Cristo (Soto, 1994).

Del año 600 al 300 A.C., los indios ya escribían acerca del banano pero no se menciona en China hasta 200 años D.C. (Soto, 1994).

2.2. EL CULTIVO DE BANANO

La superficie de siembra de 230000 hectáreas, mayormente se concentra en tres provincias del litoral, como Guayas, Los Ríos y El Oro (92%) y entre otras 7 provincias (8%). Los rendimientos están relacionados a varios factores entre los que se destacan el nivel de tecnificación, la zona de producción y el tamaño de la explotación. Dependiendo de la infraestructura utilizada en la producción bananera existen 3 niveles de manejo del cultivo: tecnificado, semitecnificado y no tecnificado; el manejo que se presenta en cada nivel guarda relación con el rendimiento. Actualmente el rendimiento nacional reportado es de alrededor de 1700 cajas/ha/año, cantidad que es considerablemente baja en comparación con nuestros principales competidores como son Colombia, Costa Rica y Filipinas, los cuales alcanzan una productividad promedio de 2200, 2500 y 3000 cajas/ha/año, respectivamente.

El cultivo de plátano (*Musa AAB*), representa un importante sostén para la socio-economía y seguridad alimentaria del país. Desde el punto de vista socioeconómico, el plátano genera fuentes estables y transitorias de trabajo, además de proveer permanentemente alimentos ricos en energía a la mayoría de la población campesina. Actualmente se reportan en el país un total de 144981 ha de plátano, de las cuales 86712 ha están bajo el sistema de monocultivo y 58269 ha se encuentran

asociadas con otros cultivos (INEC, 2011). La mayor zona de producción de esta musácea es la conocida como el triángulo platanero, la cual abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo y los Ríos con 52612, 14249 y 13376 ha, respectivamente. Las principales variedades explotadas en estas zonas son el “Dominico”, que se lo destina principalmente para el auto-consumo y el “Barraganete” que se lo destina en su mayor parte a la exportación, estimándose que anualmente se exportan alrededor de 90000 TM de este cultivar.

Tanto el banano como el plátano constantemente se ven amenazados por diversos problemas fitosanitarios, algunos de ellos muy serios por las consecuencias que sufren los productores en el aspecto económico y de la productividad. La incidencia de una enfermedad que ocasiona la muerte de las plantas, como es el Mal de Panamá, fue motivo para que al igual que en otros países bananeros, Ecuador procediera a la siembra de la nueva variedad resistente del grupo Cavendish, en reemplazo de la variedad Gross Michel que había demostrado una alta susceptibilidad a la raza 1 del agente causal de la enfermedad. Por la década de los años 60 y siguientes ocurrió el establecimiento y desarrollo de la nueva variedad, periodo durante el cual los productores bananeros experimentaron la presencia de nuevas plagas que afectaban tanto al sistema radical como a la calidad del fruto

2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL GUINEO

REINO: Vegetal
DIVISION: Angiosperma
CLASE: Monocotyledonea
ORDEN: Scitamineae
FAMILIA: Musacea
GÉNERO: *Musa*
ESPECIE: *sp.*
(Guerrero y Ramírez, 2000)

2.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El banano es una planta herbácea de tamaño variable que oscila entre 2 a 5 metros según las especies.

De una cepa o rizoma salen hojas de tamaño creciente cuyas vainas, dispuestas en espiral, conforman el pseudotronco, coronado por un penacho de hojas largas y anchas. El meristemo terminal de la cepa se ubica ligeramente arriba del nivel del suelo durante el periodo vegetativo, durante el cual son producidas de 15 a 25 hojas funcionales, se desarrolla luego una inflorescencia mientras que el tallo crece al interior del pseudotronco.

El crecimiento interno dura alrededor de tres meses en el transcurso de los cuales salen las últimas hojas diferenciadas y posteriormente la yema floral que lleva primero flores con largos ovarios, llamadas hembras, que constituirán las futuras manos del rracimo; luego aparecen flores hermafroditas, y después las flores machos, de ovario muy reducido. Las manos conforman dos rangos de frutas bajo una espata o bráctea de color rojo-violeta.

En las variedades cultivadas, las frutas partenocárpicas nacen sin semillas. Después de su salida, la inflorescencia sufre un encorvamiento negativo, las brácteas caen unas tras otras, y las frutas se desarrollan durante 80 a 95 días. El racimo se cosecha antes del estado de madurez para permitir su transporte y su conservación.

2.5. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE BANANO

- Según (Ortega, Korneva, O, Santos, & Peralta, 2011) *Musa* spp es una planta herbácea, monocotiledónea de la cual surgen varios individuos conocidos como madre, hija y nieta.
- Raíz: superficial, distribuida radialmente en los primeros 30 cm, del suelo y alcanza un largo de 1,5 a 2 m.
- Rizoma: corno o cepa: es una yema vegetativa que sale de la planta madre, sufre un cambio anatómico y morfológico de los tejidos y al crecer diametralmente forma el rizoma. Es utilizado como semilla vegetativa
- Hojas: poseen diferentes formas y sirven para estimar las etapas morfológicas y fenológicas del cultivo
- Tallo falso o pseudotallo: soporta a toda la parte aérea de la planta

- Inflorescencia: racimo (fruto partenocarpico), posee flores hermafroditas y femeninas, en algunos clones las flores femeninas caen.
- Fruto: se desarrolla de los ovarios de las flores pistiladas por el aumento del volumen de las tres celdas del ovario, opuesta al eje central.

2.5.1. Factores que afectan el crecimiento de las plantas

Según (Tisdale & Nelson, 2010) El crecimiento es el desarrollo progresivo de un organismo. Se refiere al desarrollo de un órgano u órganos específicos de las plantas, o a las plantas consideradas en su conjunto, y puede estar relacionado al peso seco, longitud, altura o diámetro.

La planta es un producto, tanto de una constitución genética, como de un medio ambiente. La constitución genética es una cantidad fijada para cada tipo de planta, y determina su potencial de crecimiento máximo bajo unas condiciones favorables a su desarrollo. El crecimiento de las plantas es función de varias condiciones ambientales o factores de crecimiento que pueden ser considerados como variables, y cuya magnitud y combinación determinan el crecimiento que puede obtenerse (Tisdale & Nelson, 2010).

Los factores ambientales se definen como la suma de todas las condiciones externas e influencias que afectan la vida y el desarrollo de un organismo (Tisdale & Nelson, 2010), entre los principales que afectan el cultivo de banano según (Ortiz, 2000) pueden mencionarse:

➤ **Condiciones hídricas**

El banano es una planta exigente en agua. En zonas de climas cálidos y húmedos necesita más de 125 a 150 mm. de agua por mes. Sin embargo, la evapotranspiración puede sobrepasar los 200mm. El cultivo debería sembrarse en un lugar con 2000 mm. de precipitación anual, o en condiciones donde se pueda aportar esta cantidad de agua mediante riego, para un promedio mensual de 100 a 180 mm.

➤ **Temperatura**

La temperatura óptima para su desarrollo y crecimiento se cree que esta cerca de los 27 °C. Algunos autores piensan que el máximo diario debe estar encima de 28 °C y el promedio no debe bajar de 22 °C. Sin embargo las temperaturas óptimas son diferentes según el proceso de que se trate.

➤ **Radiación solar**

El banano tolera bien la intensidad fuerte de luz si se logra satisfacer sus necesidades de agua. En cambio, la nubosidad alarga el ciclo vegetativo, aumentando el tamaño de los retoños. Un promedio favorable de luz se encuentra entre las 2000 y 2400 horas por ciclo vegetativo. Las plantas necesitan de 7 a 16 mega julios por metro cuadrado de hoja por día para un crecimiento normal, el grado óptimo se encuentra cerca de 12 mega julios por metro cuadrado por día de radiación fotosintética activa. Si no se logran por lo menos 5 horas de brillo solar diario, se afecta el crecimiento de la planta, los dedos salen cortos y las plantas se hacen más altas y se extienden los ciclos de cultivo.

➤ **Vientos**

Vientos secos en combinación con altas temperaturas pueden afectar seriamente las hojas del banano. Hasta 15km/hora el efecto del viento puede ser benéfico, al producir una mayor transpiración de la planta, y permitiéndole a esta bajar su temperatura. Con vientos de 40 km/hora, las láminas de las hojas se empiezan a rajarse. La volcadura de las plantas se presenta con vientos de 55 km/hora y se puede dar una pérdida de peso de hasta el 20% de los racimos.

➤ **Nutrición y fertilización**

La extracción de nutrientes del suelo en el cultivo de banano es muy alta, por lo cual, las características químicas del suelo son muy importantes para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Asimismo, el manejo de la fertilización del cultivo se constituye una práctica determinante para la obtención de altos rendimientos.

Según (Cigales & Perez, 2011) El cultivo de banano requiere de suelos profundos, con texturas francas y estructuras que permitan un buen drenaje, con valores de pH ligeramente ácidos a levemente alcalinos y sin altos contenidos de carbonatos de calcio. Es una planta con una alta tasa de crecimiento, un sistema de raíces poco profundo y con débil fuerza de penetración en el suelo, pobre capacidad para extraer agua, alto consumo de agua; posee baja resistencia a la sequía y rápida respuesta fisiológica al déficit de agua. Debido a estos factores, requiere un abundante y constante suministro de agua para una producción óptima se estima que el uso consuntivo del cultivo de banano, en regiones con climas cálido-secos, es de aproximadamente 1,300 mm/año-1.

2.5.2. Requerimientos nutricionales del cultivo de banano

El estado nutricional en los estadios tempranos de desarrollo, especialmente de K, es muy importante ya que determinará el rendimiento de los frutos. La alta tasa de remoción del K en la fruta del banano requiere de un buen suplemento aun cuando el suelo tenga niveles que podrían considerarse altos.

Estudios realizados en 19 países productores de banana permitieron conocer que las dosis de fertilizantes recomendadas alcanzarían a 211 kg N/ha/año, 35 kg P/ha/año y 323 kg K/ha/año. Se sugiere que para lograr máximos rendimientos, se deberían duplicar estas dosis.

El estado nutricional en los estadios tempranos de desarrollo, especialmente de K, es muy importante ya que determinará el rendimiento de los frutos. La alta tasa de remoción del K en la fruta del banano requiere de un buen suplemento aun cuando el suelo tenga niveles que podrían considerarse altos. Esta alta demanda de K va asociada a variaciones de sitio con respuestas y recomendaciones variables y específicas. Así, se recomiendan desde un mínimo de 500 kg/ha de K₂O cuando el nivel de este nutriente en el suelo es de alrededor de 0.5 meq/100 g o bien, como los resultados de los trabajos realizados en Costa Rica donde la mejor respuesta económica se consigue con dosis que varían entre 600 y 675 kg de K₂O/ha/año, aun en suelos con relativo alto contenido de K.

Para el caso del N, en la producción de banano alrededor del mundo se utilizan dosis entre 100 y 600 kg N/ha/año, dependiendo de las condiciones de suelo y las condiciones climáticas de cada zona. En la mayoría de las zonas bananeras de América Latina se utilizan dosis de alrededor de 300 kg N/ha/año (Figueroa & Lupi, Características y fertilización del cultivo de banano, 2016).

2.5.3. Principales funciones de los nutrimentos esenciales en el cultivo del banano

Según (Ortiz, 2000) los principales nutrientes en el cultivo de banano son:

- **Nitrógeno (N):** participa en la fotosíntesis, la respiración y muchos otros procesos metabólicos y fisiológicos. Es un componente importante de la estructura de proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, reguladores de crecimiento y muchos otros compuestos. Desde el punto de vista del manejo de la fertilización, es el elemento más importante, además (Rojas & Juan, 2011)

manifiesta que el nitrógeno es responsable del crecimiento vegetativo de la planta y en la producción de frutos, debe aplicarse fraccionado en 3 partes; la primera equivalente al 30% de la dosis anual establecida o calculada, cuando la planta haya emitido su primera hoja(15 a 30 días, después de la siembra); la segunda aplicación 50% de la dosis, cuando la planta haya emitido 10 hojas(2 meses y medio, después de la primera aplicación) y la tercera aplicación equivalente al 20% de la dosis, en el momento en que la planta haya emitido 20 hojas, es decir cuatro meses y medio, después del trasplante. Este criterio de fertilización, deberá aplicarse tanto en la instalación del cultivo como en su mantenimiento. Su deficiencia produce clorosis en las hojas superiores y arrollamiento de sus hojas pequeñas y poco vigor.

- **Fósforo (P):** forma parte del ATP, compuesto que transporta energía dentro de la planta, participa también en la fotosíntesis, la respiración y la síntesis y descomposición de proteínas, grasas y carbohidratos. El fósforo se requiere en altas concentraciones en las regiones de crecimiento. Con el banano, no se ha generalizado su uso, debido a la poca respuesta de la fertilización del suelo con este elemento, además (Rojas & Juan, 2011) señala que el fosforo es necesario en la primera edad de la planta, para su mejor desarrollo radicular y después en la etapa de floración; se aplica la dosis total en las dos primeras aplicaciones, con la recomendación que esta se realice alrededor de la planta madre y durante el desarrollo de la plantación, teniendo en cuenta su residualidad y baja asimilación. La deficiencia provoca un sistema radicular poco desarrollado, hojas de color verde oscuro con clorosis y necrosis en los bordes.
- **Potasio (K):** aunque el potasio no forma parte de la estructura de compuestos orgánicos dentro de la planta, es fundamental catalizando procesos tan importantes como la respiración, la fotosíntesis y la regulación del contenido de agua dentro de las hojas. Su función está ligada al transporte de azúcares y, por tanto, permite el adecuado engrosamiento de la fruta. El potasio es considerado un elemento muy importante en la nutrición del cultivo, debido a que se requiere en muy altas cantidades en la planta, además (Rojas & Juan, 2011) manifiesta que el Potasio es importante en la calidad de la fruta, aumenta la resistencia al frío y a la sequía, se aplica fraccionado en tres partes al igual que el nitrógeno. El 30%, cuando la planta tiene su primera hoja; 50% a las 10 hojas y el 20% restante a las 20 hojas. Su deficiencia, muestra hojas con necrosis en su ápice y clorosis en su base; Contrariamente su exceso hace que sus tejidos sean frágiles y ocasiona el rompimiento del raquis del racimo y su caída.

- **Calcio (Ca):** es muy importante para la formación de las paredes celulares. Participa como un activador enzimático y actúa en el proceso de división celular, estimulando de esta forma el desarrollo de raíces y hojas.
- **Magnesio (Mg):** es el componente central de la molécula de clorofila y, por tanto, es muy importante en el proceso de fotosíntesis. Es un activador del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas e interviene en el transporte de fosfatos.
- **Azufre (S):** está asociado con la formación de clorofila y con el metabolismo de carbohidratos. Forma parte de la estructura de proteínas como integrante de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina.
- **Zinc (Zn):** es un activador de diversas enzimas y participa en la síntesis de reguladores de crecimiento.

2.6. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

Generalmente la propagación de plantas de banano se da por diferentes tipos de semillas convencionales utilizadas para la propagación. Existen dos variables que determinan los tipos de semillas. Cuando se usan rizomas que tienen su punto de crecimiento intacto, el cual será el que crezca para la primera generación, se llaman hijos, rebrotes o colas de burro, según sea su tamaño. Cuando ya no existe un punto de crecimiento o cuando se elimina mecánicamente, se llaman caballo, cabeza de toro u otros; en este grupo, la primera generación se producirá de yemas auxiliares y no del meristemo central.

➤ **Cormo de plantas paridas**

Según (Ortiz, 2000) este material es conocido en el medio bananero como bull head y se obtiene directamente del “caballo” (pseudotallo recién cosechado). Los brotes de este tipo de material son débiles, debido a que el cormo se descompone rápidamente y, por lo tanto, no proporciona sustento a los nuevos brotes en crecimiento. Esto se debe a que, al carecer de un meristemo apical activo, la planta no emite raíces, además el (Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, 2000), manifiesta que el material de reproducción es de gran tamaño y sus yemas se ubican en la porción superior.

➤ **Hijos de espada**

Manifiesta (Ortiz, 2000) que los hijos de espada son aquellos brotes o hijos sanos y vigorosos, que son seleccionados de la unidad de producción una vez que se tiene definido el hijo de sucesión. Son hijos que por su ubicación reciben nutrición y dominancia apical de la planta madre. Lo que permite un desarrollo sincronizado, con un sistema radicular bien desarrollado y un sistema foliar formado por escamas, hojas angostas y lanceoladas, además (Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, 2000) manifiesta que el hijo de espada produce una semilla de 3 a 5 kg de peso y de muy buena condiciones.

➤ **Hijos de agua**

Se caracterizan por ser débiles, de hojas anchas y el pseudotallo de diámetro angosto y uniforme. No es recomendable el uso de este tipo de plantas como semilla por no producir racimos y frutas de calidad aceptable, por lo que deben eliminarse (Agroecologica, s.f.).

➤ **Hijos de rebrote**

Según (Ortiz, 2000) son aquellos brotes que se originan del cormo de una planta cosechada en una generación anterior, es decir, de un caballo casi descompuesto, y por lo tanto, se ubican en un ángulo de 180 grados respecto al hijo de sucesión. Estos rebrotes son en realidad hijos hermanos de una planta madre y en muchas ocasiones se utiliza como semilla con muy buen éxito. Para utilizar este material, se requiere sembrarlos en bolsas en un vivero y someterlo a un cuidado intensivo de fertilización, hasta que alcancen el desarrollo necesario para trasplantarlos definitivamente al campo, lo que generalmente ocurre en un tiempo no mayor de seis semanas.

➤ **Meristemos**

Manifiesta (Ortiz, 2000) que el avance biotecnológico ha posibilitado el desarrollo de técnicas de laboratorio que permiten obtener plantas de forma asexual (sin unión de células sexuales), a partir de pequeñas secciones de hojas o bien cualquier otro tejido de la planta. Esto es posible debido a que todas las células vegetales contienen toda la información genética necesaria para reproducir una planta completa. De esta manera, al colocar las pequeñas secciones de meristemos o cualquier otro tejido en soluciones específicas que contienen nutrientes y reguladores de crecimiento con un balance específico, es posible obtener un gran número de plantas, que expresan una forma idéntica las características de la planta de la cual proviene el tejido utilizado en la práctica. Para el caso específico del banano, las técnicas de propagación en laboratorio utilizan como material de partida los meristemos que se extraen en el campo de una planta con características deseables. Cada

meristemo se divide en pequeñas secciones y de cada una de ellas es posible obtener una planta que, después de pasar cierto tiempo de aclimatación en un vivero, será posible trasplantar al campo.

2.7. CONSIDERACIONES GENERALES

2.7.1 Cultivo *in vitro* de plátano

El Laboratorio de Biotecnología de CENTA en el Salvador ha desarrollado la micropropagación *in vitro* del cultivo de Plátano Enano (*Musa spp.*) con el objetivo de proveer de material de calidad genética, libre de insectos y enfermedades en cualquier época del año

En este trabajo se muestra el desarrollo de las 5 fases de micropropagación en el cultivo de plátano: fase de campo, fase de laboratorio, multiplicación *in vitro*, siembra de plántulas y aclimatación en invernadero, y siembra en el lugar definitivo.

2.7.2 Micropropagación

Según (UNAD, 2014) la micropropagación es una multiplicación masiva de tejidos *in vitro* a partir de diferentes porciones o explantes extraídos de tejidos u órganos mediante métodos asépticos. Esta técnica se ha utilizado con éxito en especies hortícolas, ornamentales y leñosas, comprobando así las ventajas sobre otros sistemas convencionales, algunos de los más importantes son:

- Incremento acelerado del número de plantas derivadas por genotipo
- Reducción del tiempo de multiplicación
- Posibilidad de multiplicar grandes cantidades de plantas en una superficie reducida, a bajo costo y con tiempos económicamente costeados.
- Mayor control sobre la sanidad del material que se propaga
- Facilidad para transportar el material *in vitro* de un país a otro con menos restricciones aduaneras.
- Posibilidad de multiplicar rápidamente una variedad de la cual solo existían pocos individuos.

2.7.3. Factores que intervienen en la producción de vitroplantas

Durante la etapa de cultivo “*in vitro*”, las plantas se desarrollan bajo condiciones controladas, incluidos los ambientes cerrados, hay restricción del flujo gaseoso en los recipientes de cultivo con alto contenido de humedad en el aire, la intensidad de luz debe ser baja, y se recurre a la utilización de los azúcares del medio como fuente de carbono y energía (Vílchez., et al., 2009) por lo tanto, el trasplante de las vitroplantas y el establecimiento completo en el invernadero puede ser complejo para algunas especies; el mantenimiento de las plantas “*in vitro*” produce anomalías fisiológicas, estructurales y anatómicas (Morales, et al 2013).

El trasplante de las vitroplantas y el establecimiento completo en invernadero puede ser complejo para algunas especies, pues en las plantas “*in vitro*” se producen anomalías fisiológicas, estructurales y anatómicas, tales como la ausencia de cutícula cerosa, estomas no funcionales, la ineficiencia de la fotosíntesis y el mal funcionamiento del transporte hídrico; estas anomalías son acentuadas como resultado de las tasas de evapotranspiración elevadas, ya que pasan de una condición semi o heterótrofa a autótrofa. (Capellades, .1990).

Los cambios más importantes ocurren en el desarrollo de la cutícula, como la ausencia de cutícula cerosa, menor presencia de ceras epicuticulares, ya que varía la composición química, el grosor de las hojas generalmente se aumenta, el mesofilo de éstas incrementa su diferenciación.

La regulación estomática efectiva de la transpiración que conduce a la estabilización del estatus de agua en las plantas, se afecta debido a la presencia de estomas no funcionales, la densidad estomática disminuye y su forma cambia de circular a elíptica, presentan células en empalizada más pequeñas y más espacios aéreos entre el mesofilo, hay ineficiencia de la fotosíntesis, y el mal funcionamiento del transporte hídrico, (Sosa., et al., 2009), (Noé., et al, 1996).

Las anomalías en las vitroplantas son acentuadas como resultado de las tasas de evapotranspiración elevadas ya que pasan de una condición semi o heterótrofa a autótrofa. De otra parte, el efecto invernadero y de campo condicionan en las vitroplantas una menor humedad relativa sustancial en comparación con las condiciones en que se desarrollan y crecen las plantas producidas en laboratorio; es por ello que el aumento de los niveles de luz y el medio ambiente sépticos son

estresantes para las plantas micropropagadas en comparación con las condiciones “*in vitro*”; ya que la planta requiere de una mayor tasa de intercambio gaseoso con el ambiente, lo que podría resultar en un aparato estomático de mayores dimensiones. (Vílchez., et al., 2007).

Se ha reportado que las plantas cultivadas *in vitro* tienen una mala conductividad hídrica en las raíces, y que no hay conexiones adecuadas entre la raíz y el tallo. El mal transporte del agua, junto a una mala retención del agua en las hojas, puede llevar a que estas se sequen rápidamente. En varios reportes, se logra el enraizamiento y aclimatación de plantas en un mismo sustrato, pero en la investigación con mortiño, se realizó el enraizamiento *in vitro* y aclimatación en fases separadas. Sin embargo, es posible que el método usado para enraizar las plantas de mortiño no sea el adecuado, ya que no se obtuvo ningún resultado positivo en la aclimatación hasta el momento. (Torres., et al. 2008).

2.8. FASE DE ACLIMATACIÓN

Durante la fase de aclimatación las plántulas deberán ser colocadas durante una o dos semanas bajo un ambiente controlado, donde la intensidad lumínica deberá ser de 10000 lux; tanto la temperatura como el fotoperiodo serán regulados de acuerdo con las necesidades de cada cultivo (Hurtado & Merino, 1987)

2.8.1. Factores que intervienen en la fase de aclimatación de vitroplantas

a) Calidad de la vitroplantas

Durante la fase de desarrollo de las vitroplantas, existen factores que pueden impedir un adecuado crecimiento y desarrollo de las mismas. El medio de cultivo y su composición juegan un papel importante, ello se logra con protocolos que se establecen en los diversos laboratorios relacionados con el tema; donde se precisan las cantidades adecuadas de reguladores de crecimiento a emplear, los momentos para la realización de los subcultivos, la intensidad de la luz, por solo citar algunos elementos a considerar.

Durante este proceso de multiplicación, existe asincronía en el desarrollo de las vitroplantas, de modo que no todas tienen el mismo grado de desarrollo, es por ello que resulta conveniente realizar una clasificación de las mismas en función del tamaño alcanzado antes de proceder a su transferencia al invernadero (Argelys 2008).

En muchos casos se recurre a la siembra en cepellones de todas las plántulas que tienen el mismo porte, en otros, solo se sacan las de mayor talla y se mantienen en cultivo “*in vitro*” las de menor crecimiento y desarrollo. Resulta comprensible que aquellas vitroplantas de mayor talla, serán las que mejor se adapten a las nuevas condiciones de cultivo en los invernaderos (Ortiz 2000).

b) Otros factores a considerar

El suministro de agua mediante el riego que se establezca, el control oportuno de plagas y/o enfermedades que se puedan presentar, así como el empleo de fertilización durante las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo son factores que no se pueden desconocer.

La interacción del sustrato y la fertilización tiene un efecto significativo en el incremento del área foliar y el volumen de raíz de las plantas, estas mostraron mayor expresión en área foliar fueron las establecidas en los sustratos de perlita: turba en las relaciones 1:0 y 3:1, con dosis de fertilización de 50 y 100% de la formulación de Steiner. En el caso del volumen de raíz, el sustrato de relación 3:1 interaccionó favorablemente con la fertilización al 50 y 100%. Así, los resultados indican que las plantas con mayor expresión de área foliar y volumen de raíz fueron aquellas en el sustrato de 75% de perlita y 25% de turba con una dosis de fertilización del 100%. Aunque no se presentaron diferencias significativas en la interacción de sustrato y fertirriego en relación a altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo, los valores máximos se observaron siempre con la aplicación del 50 o 100% de la fertilización. En general, en la acumulación de peso seco foliar, tallos y raíz no se determinó un efecto significativo de la interacción de las mezclas de sustratos con las fertilizaciones evaluadas. En estudios revisados, afirma que la producción de materia seca, particularmente durante la fase vegetativa de crecimiento, es una función lineal de la cantidad de la radiación interceptada, y que los factores como la nutrición y la condición hídrica de la planta tienen gran efecto en el rendimiento al alterar el índice del área foliar y en consecuencia la intercepción de luz. (Ramírez L, et al. 2010).

La luz y la respuesta morfológica de las plantas, las condiciones ambientales, como la humedad relativa, temperatura y la luz, comúnmente influyen el crecimiento y desarrollo de las plantas. La luz es uno de los factores principales que determinan el desarrollo de los organismos autótrofos, en ello radica la importancia de controlar el factor luz en los cultivos *in vitro*. Entre estos factores, la calidad espectral de la luz afecta a la elongación del tallo, ramificación lateral, la extensión de la hoja y la pigmentación (Wook et al. 2006). Los aspectos relacionados con la luz que son importantes en los cultivos *in vitro* son:

- La Intensidad de la luz: La irradiación puede ser expresada en función de la energía por unidad de superficie W/m^2 .
- La calidad de la luz: El espectro. Los tubos fluorescentes son la fuente de luz más usada en las cámaras de cultivo, aunque últimamente se han adicionado nuevas tecnologías.
- El fotoperiodo: Algunos fenómenos propios del desarrollo de las plantas (germinación, floración, tuberización) pueden ser activados por el número de horas diarias de luz que recibe la planta.

De forma análoga, el número de horas de luz que recibe el explante cultivado *in vitro* puede afectar a su desarrollo. En general, el mejor fotoperiodo *in vivo* será también el mejor fotoperíodo *in vitro*. Como ya se mencionó composición espectral de la luz, la dirección incidente y el tiempo de duración diaria (fotoperiodo) (Wassink & Stolwijk, 2009), son aspectos del ambiente lumínico que son percibidas como señales por las plantas. Por ejemplo, en ambientes sombríos existe una mayor abundancia del espectro rojo lejano (RL) y en ambientes abiertos mayor proporción de luz roja (R). La relación R/RL puede regular la germinación en algunas semillas fenómeno conocido como fotoblastismo (Figueroa J A, 2002). También durante el día y en presencia de otra vegetación circundante la proporción R/RL varía sobre las plantas, ésta información entrega señales que les permiten adecuar su crecimiento y arquitectura de copa (Azcón-B, J. 2000). Entre los parámetros morfológicos de las plantas, que experimentan variación ante cambios en el ambiente lumínico se puede mencionar la variación en:

- Área foliar específica (SLA)
- Largo de entrenudos
- Número de capas de parénquima empalizada
- Incremento del ángulo de las hojas.

Una alta intensidad lumínica provoca fotooxidación que implica la destrucción de la clorofila y disminución sostenida de la capacidad fotosintética, fenómeno conocido como fotoinhibición, lo que resulta en menos producción de biomasa. Además, la alta intensidad lumínica es perjudicial para el fotosistema II (PSII), dando lugar al daño foto oxidativo del centro de reacción. La frecuencia de este daño es relativamente alta cuando la intensidad de la luz se incrementa, especialmente cuando se combina con otros factores ambientales de estrés. Cabe destacar que a

mayor intensidad de la luz, el costo en términos de consumo de energía eléctrica será mayor, por ende, la adecuada intensidad de la luz y el fotoperiodo dará el mejor producto con coste económico. Un estudio realizado con vitroplantas de *Nothofagus alpina* Poepp et Endl (Oerst), señala que la mortalidad de las vitroplantas se debió principalmente a problemas derivados de malas prácticas en el manejo de las bandejas. Los cuales debilitaron a las plantas y potenciaron en el invernadero donde las condiciones ambientales de campo jugaron en contra.

2.9. INSTALACIONES UTILIZADAS PARA LA ACLIMATACIÓN

➤ **Umbráculos:** Son instalaciones más sencillas, de menor costo inicial y de mantenimiento. Para su construcción pueden utilizarse distintos materiales, pero lo más común es el empleo de tuberías galvanizadas, sobre las cuales se coloca la malla plástica para el sombreo. La mal utilizada para sombra es fabricada generalmente con polipropileno, polietileno o PVC, difieren además en la forma del trenzado, el color y otros aditivos que influyen en la resistencia y durabilidad.

Los umbráculos tienen la desventaja de su poca protección contra el viento y lluvias típicas de áreas tropicales, alcanzándose en ocasiones altos niveles de mortalidad por estas causas. Para solucionar este inconveniente puede colocarse una cubierta de plástico de poco espesor (nylon) por debajo de la malla de sombreo y se emplea un techo a dos aguas o en forma de túnel que permita una rápida evacuación del agua e impida su acumulación.

El incremento en la temperatura que pudiera ocurrir durante el verano al utilizarse esta doble cubierta, puede contrarrestarse con el empleo de nebulizadores o atomizadores y en último caso con sistemas de distribución forzada de aire.

Este tipo de instalación es la más difundida actualmente en las Biofábricas de algunos países como Cuba, lo cual ha permitido incrementar considerablemente la salida productiva de la misma, actualmente el país tiene un potencial productivo de 6^a millones de vitroplantas. Estas instalaciones se encuentran en áreas aledañas a las Biofábricas, lo que facilita las tareas relacionadas con la aclimatización. Sin embargo, debido a la poca protección que ofrecen contra la lluvia y el viento, se han producido pérdidas en períodos lluviosos superiores al 30%. Por eso la tendencia actual está dirigida al uso de instalaciones que permitan un mejor control de los factores ambientales, para

disminuir las pérdidas en esta fase. La tendencia a que en las propias instalaciones en que se micropropague se realice la aclimatización de las vitroplantas ha sido no solo una necesidad para garantizar mayor sobrevivencia de las vitroplantas, sino también para darle mayor valor agregado al producto y tener mayor eficiencia económica.

➤ **Invernaderos:** Este tipo de instalación es de mayor complejidad y alto costo inicial, permite una mayor independencia con relación al clima pues en ellos es posible controlar los principales parámetros ambientales para el crecimiento de las plantas.

Dentro de los invernaderos pueden identificarse dos grupos: los que tratan de aprovechar el clima de la zona con el menor costo posible y los invernaderos que utilizan sistemas activos de manejo climático.

Invernaderos sin control de clima: Pueden ser contruidos de vidrio o de plástico, pero el segundo es el más empleado por su menor costo, la cubierta plástica puede ser de tejido flexible (polietileno, PVC) o de planchas rígidas (poliéster, policarbonato o PVC). El techo puede en forma de túnel o techo a dos aguas. Las estructuras se construyen de tubería galvanizada, hormigón, perfiles normalizados o madera.

El principal problema de estos invernaderos es el incremento de la temperatura. Para solucionar este inconveniente se pueden aplicar algunas variantes sencillas:

- Doble pared de plástico: La colocación de una segunda capa permite por lo general amortiguar las diferencias de temperatura, el problema de esta doble cubierta es la reducción de la luz, lo que puede ser un problema en algunas especies.
- Instalación de sombreado interior: Se colocan mallas de sombreado en el interior del invernadero y estas pueden desplegarse o recogerse según se necesite. Estas mallas generalmente son de color negro, aunque en los últimos años se ha recomendado el uso de las blancas o traslúcidas porque difunden más luz y además devuelven parte de la radiación sobrante al exterior, muy conveniente en verano para no incrementar la temperatura interior.

- **Sistemas de nebulización:** Son sistemas que distribuyen agua pulverizada, con tamaños de partículas entre 12 y 15 micras (alta presión, 50-80 atm) o 130-150 micras (media presión, 4-15atm), también se pueden emplear sistemas de baja presión (1-5atm) con emisores de plástico. En los sistemas de alta presión, al ser tan pequeñas las partículas, se quedan en suspensión en el aire el tiempo suficiente para que, si la temperatura es elevada se evaporen sin caer al suelo o las bandejas.

Este tipo de instalación combinando el sistema de sombreado interior con el riego de baja frecuencia, para la aclimatización de vitroplantas de diferentes especies, con porcentajes de sobrevivencia superiores al 95%, y las vitroplantas tienen el desarrollo adecuado para adaptarse a las condiciones de producción.

Recientemente se ha introducido una variante en la construcción de estos invernaderos, eliminando la siembra en contenedores, la cual se realiza directamente en una capa de 15-20cm de zeolita, situada sobre la superficie de la instalación. Este sistema ha sido diseñado principalmente para la producción de minitubérculos de papa, en períodos no favorables para este cultivo en condiciones de campo, esto hace posible realizar varias cosechas en un mismo año, aumentar los coeficientes de multiplicación por vitroplantas y plantar minitubérculos en el campo en sustitución de estas.

Con esta instalación se logra una alta sanidad, ya que la zeolita es un material inerte con una actividad microbiológica muy baja, por lo tanto se evitan todos los problemas que ocasionan los microorganismos cuando se utilizan suelo u otros componentes orgánicos como sustrato.

Invernaderos con control activo del clima: La construcción de este tipo de instalación ha alcanzado un notable desarrollo, existe una industria capaz de suministrar una amplia gama de diseños, materiales de cubierta, control climático y otras instalaciones complementarias. Pueden tecnificarse tanto como se desee, empleando control por microcomputadoras, sensores de CO₂, luz, temperatura, etc.

Debido a su alto costo, su utilización solo se justifica en climas fríos donde tienen mayor aplicación, en climas tropicales o subtropicales no es necesario acudir a este tipo de instalaciones.

2.10. MANEJO DE LAS PLANTAS

El manejo de las plantas en esta fase debe realizarse mediante un proceso gradual y sin crear traumas si se quiere obtener plantas de calidad, capaces de mostrar un alto grado de homogeneidad cuando son cultivadas en el campo. Este paso de las plantas desde las condiciones del cultivo in vitro (heterótrofas o mixótrofas), a las ambientales (autótrofas) es el período más crítico de la micropropagación y donde ocurre el mayor porcentaje de pérdidas, es por eso, que un adecuado manejo, que garantice la adaptación de las jóvenes plantas es sumamente importante. A continuación se muestra el procedimiento que se sigue en el IBP para la adaptación de las vitroplantas:

- Lavar cuidadosamente las plantas para eliminar restos de agar de los brotes y raíces.
- Colocar las plantas en agua destilada durante 12-16 horas antes de la plantación.
- Clasificar las plantas por tamaños y de ser posible individualizar brotes múltiples por ejemplo: en caña de azúcar, plátanos y bananos.
- Sumergir las raíces en una solución fungicida (Benomyl 0.1% + Monceren 3 g/l) para protegerlas de posibles ataques de hongos.
- Aplicar una solución de Brasinoesteroides por inmersión de las raíces (0.1mg/l) para incrementar la emisión de las mismas y el crecimiento integral de la planta.
- Realizar la plantación en un sustrato que garantice una adecuada sanidad y crecimiento de las plantas. Estos están basados en mezclas de humus de lombriz, zeolita y compost.
- Mantener una alta humedad relativa (80-90%) durante las primeras dos semanas, aplicando una mayor frecuencia de riegos de corta duración y reducir durante este período la intensidad luminosa entre un 50 y 70%.
- A partir de la segunda semana incrementar progresivamente la luz hasta lograr una reducción entre un 15-20% y espaciar los riegos.
- Fertilización tan pronto se haya establecido el sistema radicular. Esto normalmente ocurre a las 2 semanas después de la plantación.

Con este procedimiento se logra la adaptación de las vitroplantas entre 15-30 días en dependencia de la especie, con una sobrevivencia superior al 90%.

2.11. SUSTRATOS

Según (Perez J. , 1998) se considera sustrato, a los materiales sólidos y porosos de origen natural o sintético, que solos o combinados garantizan un adecuado crecimiento de las plantas bajo condiciones ambientales controladas. Estos tienen como función dar a la planta sostén mecánico y a la vez permiten que las raíces tomen aire y agua, este puede o no intervenir en el complejo proceso de la nutrición vegetal. Los sustratos se emplean en canteros o en contenedores de diferentes materiales; además uno de los requisitos fundamentales que debe cumplir el sustrato para la utilización es la sanidad. Cuando estos no se elaboran, almacena o manejan correctamente, pueden contaminarse y provocar serios daños a las plantas durante la aclimatación, por esta razón son preferidos como componentes para su elaboración, materiales inertes como la zeolita o aquellos en los cuales el proceso de obtención garantice la mayor desinfección posible, como es el caso del humus de lombriz y el compost.

2.11.1. Tipos de sustratos

- **Turba:** es un material natural que se utiliza como enmienda orgánica o como sustrato de cultivo. Consiste en una masa esponjosa enriquecida en carbono proveniente de la descomposición de masas vegetales fundamentalmente herbáceas (musgos del género *Sphagnum*, lirios de agua, juncos, etc.). La descomposición de estos restos vegetales es parcial pues ocurre en zonas pantanosas bajo condiciones anaeróbicas. Por sus grandes cualidades es el material base para cualquier sustrato, ya que los materiales que le dan origen, fundamentalmente los musgos del género *Sphagnum*, tienen la propiedad de ser muy higroscópicos aun después de muertos (FAO, 2014) y (Perez J. , 1998).
- **Humus de lombriz:** Es un abono orgánico producido por las deyecciones de las lombrices conocido como Vermicompost, es el abono orgánico más completo e integral que se conoce, de fácil manejo y obtención, su presencia física es de color negro, similar a la borra de café, muy liviano e inodoro, posee los nutrientes esenciales para las plantas tales como: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mo, tiene la facilidad de convertir con mayor facilidad el nitrógeno y el fósforo orgánico a formas asimilables.
- **Compost:** Es el producto de la mezcla de todos los desechos vegetales y estiércol en pilas bien ordenadas y almacenadas, con el objetivo de que sufran la descomposición microbiana mediante

fermentación, convirtiéndose en un tiempo prudencial en humus, dependiendo esto del grado de descomposición de la materia prima empleada, los microorganismos inoculados y el manejo realizado a las pilas.

- **Zeolita:** Son aluminosilicatos hidratados generalmente sódicos, su estructura es cristalina, semejante a un panal que permite la entrada de iones potasio (K) y amonio (NH_4) que actúan como fertilizantes de lenta liberación, mezcladas con turba pueden alcanzar una capacidad de intercambio catiónico de 250-300 meq/l. Al sustituir en su estructura los átomos de silicio por los de aluminio, quedan cargas negativas que son neutralizadas por la presencia de iones positivos de la disolución del sustrato que entran en su composición.

La zeolita es capaz de retener agua utilizable por la planta lo cual reviste gran importancia ya que puede reducir el número de riesgos, con el consiguiente ahorro de agua y energía.

- **Arena:** Según (Bures, 2000) en edafología se conoce como arena la fracción granulométrica de tamaño situado entre 0,02 y 2 mm, diferenciado entre arena fina (0,02 – 0,2 mm) y arena gruesa (0,2 – 2 mm). Las arenas suelen provenir de canteras o bien de ríos. Las de canteras son más homogéneas y están formadas por granos angulosos de aristas vivas, mientras que las de río suelen tener los granos más redondeados. Las arenas, si se utilizan como tales, deben estar exentas de arcilla; además (FAO, 2014) menciona que reduce la porosidad del medio de cultivo. La porosidad de la arena es alrededor del 40% del volumen aparente. Las partículas deben ser de 0,5 a 2 mm de diámetro. No contiene nutrientes y no tiene capacidad amortiguadora. La CIC es de 5 a 10 meq/l. Se emplea en mezcla con materiales orgánicos.

- **Tierra:** Manifiesta (Perez J. , 1998) que la tierra, o suelo natural, se puede clasificar de distintos modos (en función de su formación, composición mineralógica, etc.). Sin embargo, la clasificación textural es quizá la más utilizada a nivel agronómico, puesto que es indicativa de las propiedades físicas y de intercambio iónico del suelo. La tierra fina, es decir, la fracción de partículas de tamaño inferior a 2 mm, puede separarse en tres tipos de materiales siguiendo una escala logarítmica de la distribución de tamaños de partículas o granulometría. Estos tres materiales son las arcillas (0,002 mm), los limos (0,002 – 0,02 mm) y las arenas (fina, de 0,02 a 0,2 mm y gruesa, de 0,2 a 2 mm).

La porosidad de la tierra es baja, inferior al 60% en volumen, puesto que no existen poros internos, aunque en suelos naturales la porosidad puede aumentar hasta tomar valores similares a la de los sustratos por formarse agregados que actúan como partículas independientes con poros externos mayores y poros interiores a los agregados de tamaño reducido (la formación artificial de agregados, por ejemplo, mediante la adición de polímetros absorbentes, se utiliza para mejorar la capacidad de retención de agua y la aireación de los suelos).

En general, los suelos de textura fina no son adecuados como sustratos pues su potencial de entrada de aire es superior a la altura de los contenedores que se utilizan para el cultivo y su permeabilidad es baja. Actualmente, sin embargo, se está empezando (o volviendo a empezar, puesto que el uso de tierra en mezclas de sustratos es antiguo) a utilizar arcilla mezclada con otros materiales tradicionales en la preparación de sustratos, como la turba. No se conoce bien el papel de la arcilla en los sustratos pero se sabe que aumenta el agua difícilmente disponible por tener poros de pequeño tamaño. Esto hace pensar que la adición de arcilla puede tener un efecto beneficioso en el trasplante, en cuanto a que mejora la continuidad hidráulica entre el sustrato contenido en el cepellón o que da soporte a las raíces, y el suelo circundante de la zona en que se trasplante. La densidad de la tierra es elevada, del orden de 1200 –1500 kg de materia seca por m³ lo que debe tenerse en cuenta si el peso del contenedor con la planta es limitante. El suelo natural tiene una fertilidad inicial, poder amortiguador físico y químico, y capacidad de intercambio catiónico elevada, que depende de la textura, así, un suelo franco puede tener entre 80 y 150 meq/1 de intercambio catiónico, mientras que un suelo arcilloso puede tener entre 200 y 450 meq/1.

2.12. CONTROL FITOSANITARIO

Como se ha explicado anteriormente las condiciones a las que se someten las vitroplantas en esta fase, difieren grandemente de las que prevalecen en las cámaras de cultivo de dónde provenía. Esto hace que sean más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades cuyos agentes causales pueden estar presentes en el sustrato o en el ambiente mismo de la instalación.

Estos microorganismos cuando las condiciones le son favorables provocan daños severos a las vitroplantas que pueden llegar a ocasionar pérdidas considerables.

Los problemas fitosanitarios asociados fundamentalmente al sustrato son los más frecuentes y difíciles de controlar después que aparecen.

Muchas de las enfermedades están frecuentemente asociadas a una alta humedad del sustrato, por lo que el control estricto del riego es la primera medida a tener en cuenta en este caso, así como asegurar un correcto drenaje en los contenedores. La desinfección del sustrato ya sea por vía química o física es una medida efectiva para disminuir las pérdidas provocadas por patógenos que se encuentren en el sustrato. Una práctica que ha dado buenos resultados en el caso de la papa y la caña de azúcar contra *Rhizoctonia solani*, es la inmersión durante 5-10 minutos de las vitroplantas en una solución fungicida de Monceren^R (Bayer) a una concentración de 3 gr/l, antes del trasplante. La utilización de controles biológicos con hongos antagonistas como *Trichoderma spp.* Puede ser también una alternativa de lucha.

También han sido detectadas otras enfermedades y plagas del follaje que provocan daños considerables en el material vegetal, si no se aplican medidas efectivas de control. Es muy importante tener en cuenta para las aplicaciones, la realización de muestreos diarios en el área de aclimatación que permitan conocer si se justifica o no la aplicación de productos químicos u otro tipo de control fitosanitario. Las plagas que se han detectado hasta el momento han sido controladas de forma eficiente con productos insecticidas convencionales.

Las enfermedades del follaje se han controlado con la aplicación combinada de fungicidas preventivos de contacto (ditiocarbamatos y cúpricos) con fungicidas curativos de acción sistémica. Es imprescindible tener en cuenta la hora en la que se realizan las aplicaciones y la frecuencia de las mismas, las dosis de los productos a emplear el tipo del riego en el área. Esto último debido a que, para mantener la alta humedad relativa se realizan riegos continuos, lo cual provoca el lavado de los productos y la disminución de la efectividad de las aplicaciones.

De forma general los problemas fitosanitarios detectados en la fase de aclimatación pueden ser resueltos aplicando un conjunto de medidas que deben ser vistas de forma integral. Es necesaria la presencia de personal especializado en tareas fitosanitarias en las áreas de aclimatación porque de ello dependerá en gran medida el éxito de tales medidas. (Perez J. , 1998).

2.13. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE BANANO

2.13.1. Preparación del terreno

➤ Siembra

Según (CENTA, 2013) se puede sembrar en cualquier época del año con la condición de que haya suficiente humedad ya sea por precipitación o por riego; no es recomendable sembrar cuando hay exceso de lluvia pues se favorece la pudrición de la plántula. Se puede procurar una siembra escalonada para que se mantenga una adecuada producción durante todo el año. Una vez preparado el terreno, y conociendo el sistema de siembra y la población a usar, se procede a marcar el terreno con estacas y hacer el ahoyado con dimensiones de 0.30 x 0.30 x 0.30 m.

➤ Población

La densidad poblacional es determinada por el distanciamiento de siembra, métodos de deshije, variedad y tipo de suelo. Los sistemas recomendados para plátano enano son: siembra a cuadros (3x3m) con una densidad poblacional de 777 plantas/manzana; siembra hexagonal o en triángulo equilátero con una distancia de 2.8x 2.8m Con una densidad de 1,029 plantas/manzana. El Sistema de siembra hexagonal brinda un mayor número de plantas por área, por consiguiente se obtienen mayores rendimientos; ya que las plantas reciben por igual la cantidad de luz y de nutrientes necesarios para su buen desarrollo (Agropecuarios.net, 2014) y (CENTA, 2013)

➤ Control de malas hierbas

Según (CENTA, 2013) el plátano es afectado principalmente en sus primeras etapas de desarrollo por la competencia con las malezas, al no realizar una buena preparación de suelo, esto retardara su desarrollo.

➤ Fertilización

Según (CENTA, 2013) para la aplicación de fertilizante es recomendable hacer un muestreo de suelo; En el caso de carecer de los resultados de un muestreo, como recomendación general se utiliza una dosis anual de 150 lb/mz (97 kg/ha) de N , 80 lb/mz (60kg/ha) de P₂O₅ y 150 lb/mz

(97kg/ha) de K₂O, además (Figuroa & Lupi, Características y Fertilización del Cultivo de Banano, 2011) manifiestan que en Estudios realizados en 19 países productores de banana permitieron conocer que las dosis de fertilizantes recomendadas alcanzarían a 211 kg N/ha/año, 35 kg P/ha/año y 323 kg K/ha/año. Se sugiere que para lograr máximos rendimientos, se deberían duplicar estas dosis.

➤ **Tipos de fertilizantes para el cultivo de banano**

- **Blaukorn Classic (12-8-16):**

Abono completo granulado con magnesio, azufre y micro elementos de coloración azul, por fuera y en el interior del gránulo. Gran dureza del gránulo que otorga gran resistencia a la abrasión que garantiza la práctica ausencia de polvo. Gran solubilidad de los gránulos que permite que prácticamente desaparezca y se incorporen los nutrientes al suelo en su totalidad. Más del 80% del fósforo es soluble en agua por emplearse ácido fosfórico y no roca fosfatada en su fabricación. Sin cloruros (potasio 100% procedente de sulfato de potasio) cosa que lo hace especialmente indicado para cultivos sensibles (EXPERT, 2015).

- **Fosfato Diamonico (18-46-0):**

El nitrógeno que aporta el Fosfato Diamonico (DAP) está en su totalidad en forma amoniacal con lo que interacciona muy positivamente con el fósforo, facilitando su absorción. El fósforo que contiene, 46%, es totalmente asimilable por las plantas y un 95 % soluble en agua, lo que garantiza un excelente resultado agronómico, pues permite la absorción de fósforo por los cereales en los primeros momentos, cuando se ve dificultada por las bajas temperaturas del suelo. El DAP tiene un efecto residual ácido sobre los suelos, aunque inicialmente tiene una reacción alcalina, por lo que es muy adecuado para suelos neutros o básicos; además como cualquier abono complejo, se aplica un poco antes de la siembra (FERMAGRI, 2015).

- **Fertiandino Banano + P (18-18-23):**

Fertilizante con gran contenido de fosforo, ideal para plantillas (FERTISA, 2015).

- **Fertibanano plus (17-6-28):**

Fórmula balanceada que aporta 7 nutrientes (N-P₂O₅-K₂O-S-B-Z) para asegurar altos rendimientos en el cultivo de banano. 25-26 sacos ha/año (FERTISA, 2015).

➤ **Tipos de Abonos Orgánicos**

• **Nutrisano**

El componente del abono Nutrisano permite que los suelos de Loja, que son gravemente erosionados y degradados, sean fértiles para la siembra de todo tipo de productos, pero principalmente para la siembra de café y maíz, insumos que se dan en gran medida en la provincia.

El abono orgánico Nutrisano se encuentra compuesto principalmente de: nitrógeno (1,75%), fósforo (3,48), potasio (2,42), calcio (6,62), magnesio (0,79) y materia orgánica (65,75), además cuenta con un pH de 7 y una conductividad eléctrica de 7,3 (GAD Provincial 2016).

3. MÉTODOLÓGIA

3.1. Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, lugar donde se establecieron los respectivos ensayos de aclimatación de la vitroplantas de banano.

Ubicación Geográfica

- Latitud: 04⁰⁰'00'' Sur
- Longitud: 79⁰⁰'12'' Oeste
- Altitud: 2135 msnm

Ubicación ecológica

- Temperatura média: 15,3° C anual
- Humedad relativa: 71.96%
- Precipitación: 757,7 mm
- Zona de vida: Bosque seco-Montano bajo (bs-MB)



Figura 1. Mapa de ubicación del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja y su Zonificación: **Z10. S02. MD. B2. Lab 101**

3.1.1. Fase de Laboratorio

Este proceso se la llevó a efecto en el Cuarto de Aclimatación, a continuación del laboratorio, con una temperatura de 23-25°C, humedad relativa 70% un fotoperiodo de 16horas luz y 8 de oscuridad y una intensidad luminosa normal.

3.1.2. Fase de invernadero:

Luego de la fase de aclimatación las plantas fueron trasladadas al invernadero de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, el mismo que cuenta con una temperatura de 20-28 °C y una humedad relativa del 60 %.

3.1.3. Fase de campo

La fase de campo se la trabajo en la provincia de Loja, Cantón Paltas, barrio La Florida, en donde se llevó a efecto la siembra de las vitroplantas de banano Clon Cavendish.

Ubicación geográfica

- Latitud: 9560428 Sur
- Longitud: 638402 Este
- Altitud: 1523 msnm

Ubicación ecológica

- Temperatura média: 18 ° C anual
- Humedad relativa: 60%
- Precipitación: 592 mm

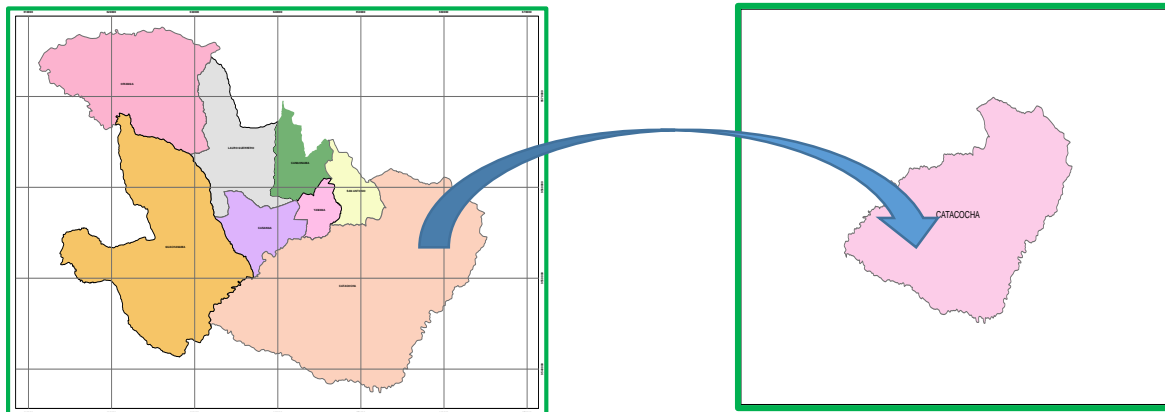


Figura 2. Mapa del Cantón Paltas, cabecera cantonal Catacocha

3.2. Metodología para determinar el efecto de tres tipos de sustrato en vitroplantas de banano en la fase de aclimatación.

3.2.1. Preparación y desinfección de sustratos

Una vez obtenida: turba, tierra negra, y arena, se prepararon los sustratos en diferentes porcentajes de mezcla según tratamientos: (T1: turba 100%), (T2: turba 50% + tierra negra 50%), (T3: Turba 33.3% + tierra negra 33.3% + arena 33.3%) (**Fig. 3 A**). Para la desinfección se realizó en carretillas o ahumadoras a vapor húmedo, a temperatura de 100°C por el tiempo de dos horas (**Fig. 3 B**).



Figura 3. A) Tipos de sustrato para la aclimatación de las vitroplantas (arena, tierra negra, turba). B) Desinfección de sustratos a vapor húmedo (carretillas o ahumadoras)

3.2.2. Fase de aclimatación

Las vitroplantas para el proceso de aclimatación fueron proporcionadas por el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja, cuyo primer paso consiste en la extracción de las plantas de los frascos de cultivo y la eliminación del exceso de agar con agua de la llave, en el caso de las plantas procedentes de medio de cultivo sólido, los frascos con el material *in vitro* de banano Clon Cavendish, fueron trasladados al cuarto de aclimatación (**Fig. 4.A**), las vitroplantas deben tener una altura de 5-6 cm, hojas verdaderas y formación de raíces, que puedan resistir a un gradual cambio en su entorno (**Fig. 4 B y C**) (por ejemplo, un cambio en temperatura, humedad, fotoperiodo o pH), con el objetivo de que éstas superen las dificultades cuando son removidas del ambiente “*in vitro*”; de esta manera, se preparan para su trasplante, esta fase de aclimatación dura 30 días, ya que es la transferencia de las plántulas de un ambiente aséptico

cerrado a un invernadero, con menor humedad relativa y mayor intensidad de luz. (Minchala P, J. Guía de Prácticas de Laboratorio de Micropropagación Vegetal. 2016).



Figura 4. A) Cuarto de aclimatación, B) y C) Vitroplantas aclimatadas con hojas verdaderas y sus raíces

3.2.3. Siembra de las vitroplantas en los sustratos

Las vitroplantas una vez aclimatadas, fueron retiradas de los frascos (**Fig. 5.A**), lavadas sus raíces eliminando todo el agar adherido a las mismas (**Fig. 5.B**), son depositadas en una solución de fungicida-bactericida de Kasumin al 2% por 2 minutos (**Fig. 5.C**); para posteriormente ser sembradas en los recipientes que contienen el sustrato estéril (**Fig. 5. D y E**).

Las vitroplantas se sembraron manualmente realizando un hoyo, con la ayuda de una pinza se sembró en los respectivos sustratos según los tratamientos; posteriormente se aplica 2ml del fertilizante foliar MORE para mejorar sus condiciones de adaptación (**Fig. 5.F**). Luego de la siembra se colocó una funda plástica a cada vitroplantas con la finalidad de que se forme una cámara con alta humedad relativa (cercana al 100%) durante 6 semanas y riegos según la necesidad y exigencia de las vitroplantas (**Fig. 5.G**). Cada 10 días se retira la funda plástica para controlar la humedad ambiental y se abre de manera paulatina hasta que las plántulas quedan completamente expuestas, lo cual ocurre a los 30 a 45 días.

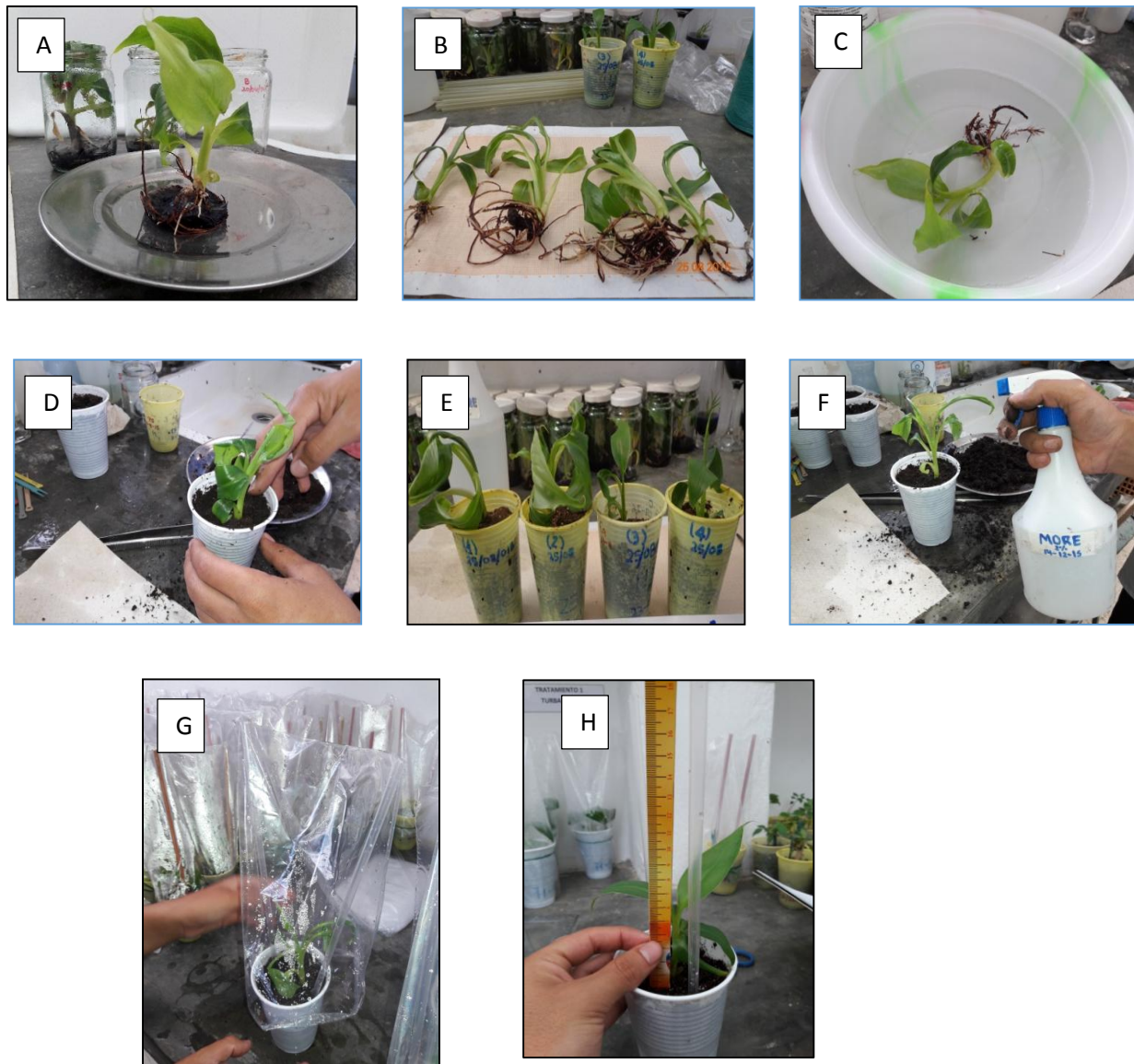


Figura 5. A) Vitroplantas extraída del frasco. B) Vitroplantas lavadas sus raíces sin agar, limpias sin material necrosado. C) Vitroplantas en la solución de Kasumin (solución Fungicida-bactericida) D) siembra de vitroplantas. E) vitroplantas sembradas. F) Aplicación de fertilizante MORE 2ml/l G) Vitroplantas colocadas dentro de funda plástica para su adaptación y crecimiento. H) Evaluación según parámetros a considerarse.

3.2.4. Fase de invernadero

Manifiesta (Valerin, 2011) que el éxito de la aclimatación de cultivo de tejidos vegetales como un instrumento en la propagación masiva de plantas, depende de la capacidad para invernadero manejar plantas a gran escala durante el periodo de adaptación; de esta manera se logra un alto

grado de sobrevivencia a bajo costo. Luego de la fase de aclimatación que demora 30 días, se prepara el sustrato previamente esterilizado a vapor tamizado antes de hacer la mezcla, usando fundas negras de invernadero de 20cm x 5 cm, estas deben ser regadas antes del trasplante de las vitroplantas, según tratamientos propuestos (T1: turba 100%; T2: turba 50% + tierra negra 50%; T3: Turba 33.33% + tierra negra 33.33% + arena 33.33%).

En cada funda con sustrato se realizó el hoyado, utilizando plantas con una altura de 10 cm desde la base del pseudotallo a la bifurcación en V de las últimas dos hojas terminales, las vitroplantas fueron plantadas (**Fig. A y B**). Una semana después del trasplante en invernadero, se inicia la aplicación de MORE fertilizante foliar que se emplea cada 8 días, el riego por nebulización se debe realizar una vez al día y en una cantidad que depende de las condiciones ambientales del lugar, y controles fitosanitarios necesarios para prevenir el ataque de hongos e insectos aplicando Kasumin al 2 %

A los 120 días de haber instalado el ensayo se realizó la evaluación de las vitroplantas en los parámetros establecidos que fueron: altura de planta, número de hojas y longitud y números de raíces. Para la medición de la altura se empleó una cinta métrica y para la longitud de raíces se utilizó papel milimetrado, la longitud y número de raíces fueron variables evaluadas al inicio y al final del ensayo

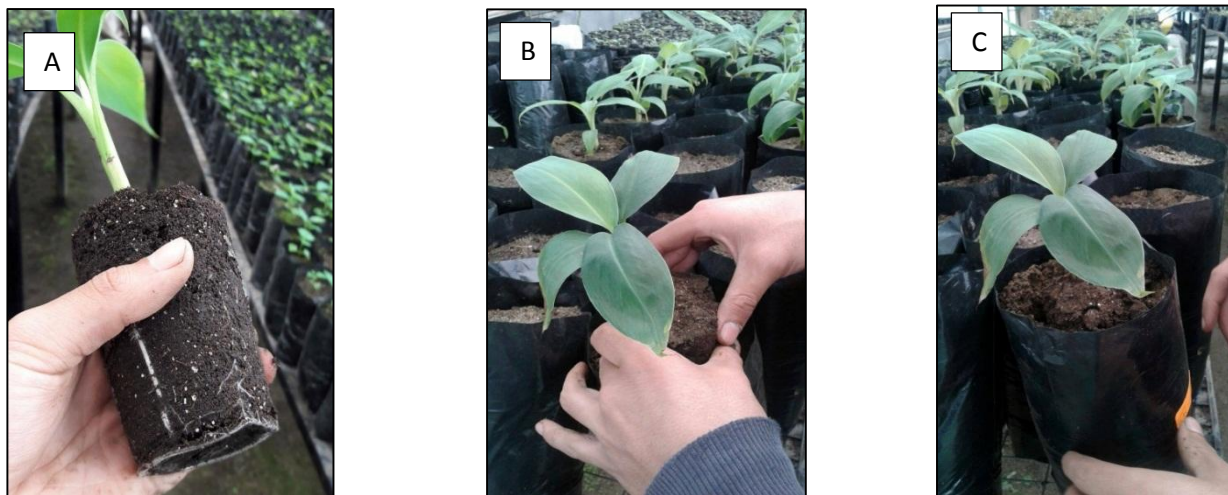


Figura 6. A). Plántula de Banano previo al trasplante en fundas plásticas, B). Trasplante de plántulas de Banano, C) Etiquetado de plántulas de Banano.

3.2.5. Diseño experimental para la fase de aclimatación de vitroplantas de banano

a. Especificaciones del diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones, cada una con 10 unidades experimentales.

Cuadro 1. Tratamientos para evaluar los diferentes sustratos

Tratamiento	Descripción	Repetición	Total de unidades experimentales
T1	Turba (1)	4	40
T2	Turba + tierra (1:1)	4	40
T3	Turba + tierra + arena (1:1:1)	4	40

a. Especificaciones del diseño experimental

Unidad experimental	Una vitroplanta de banano
Número de tratamientos	3 sustratos
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales por tratamiento	40
Número total de unidades del ensayo	120

b. Variables a evaluar

- Altura de la plántula
- Numero de hojas
- Longitud de las raíces
- Numero de raíces
- Mortalidad

El tiempo para realizar la toma de datos es de cada 15 días por el periodo de 4 meses es decir que se contara con ocho evaluaciones.

Cuadro 2. Tabla de Toma De datos para la fase de aclimatación de vitroplantas de banano

Especie:			Fecha de Evaluación:			
Numero de vitroplanta	Tratamiento	Repetición	Altura	Numero de hojas	Numero de Raíces	Longitud de raíces

c. Modelo matemático

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño de bloques al azar:

- $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$
- μ = media general
- T_i = efecto del i-ésimo tratamiento
- B_j = efecto del j-ésimo bloque
- E_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i

Los efectos de tratamientos y bloques son aditivos. No hay interacción entre bloques y tratamientos. La relación entre los tratamientos es la misma en cada uno de los bloques.

d. Análisis estadístico de datos

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en cada uno de los ensayos se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2008) versión 2008, en el cual se realizó en análisis de varianza ANAVA estableciendo diferencias significativas con el test de Duncan a un nivel de significancia de 0,05. Se probaron supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad para cada una de las variables en los distintos ensayos. En el Cuadro 3 se presenta la matriz con las medidas resumen empleada para el análisis de la información.

Cuadro 3. Formato de cuadro para el análisis estadístico de la presente tesis

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R²	R² Aj	CV	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo					
Tratamiento					
Repetición					
Error					
Total					
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error:	gl:				
Tratamiento	Medias	N		EE	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)					
C.V: coeficiente de variación					
E.E: error estándar					

3.3. Metodología para evaluar el efecto de tres tipos de fertilizante base en el crecimiento inicial en campo de vitroplantas de banano en la fase de campo.

3.3.1. Análisis de suelo

El muestreo de suelo es la primera etapa, se la realizó aplicando 10 barrenaciones en forma de zigzag, para obtener muestras homogéneas, reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se retiró aproximadamente 1,0 kg de suelo y se las traslado al laboratorio.

El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de Suelos de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad nacional de Loja.

3.3.2. Preparación del terreno

El suelo fue mecanizado empleando un pase de rastra y dos pases de arado, estando así listo para realizar el trazado del mismo (**Fig. A y B**). Se consideró además las características edafoclimáticas que contribuyan al desarrollo de las vitroplantas de banano, el material vegetal seleccionado corresponde a la Parroquia Lauro Guerrero del Cantón Paltas.

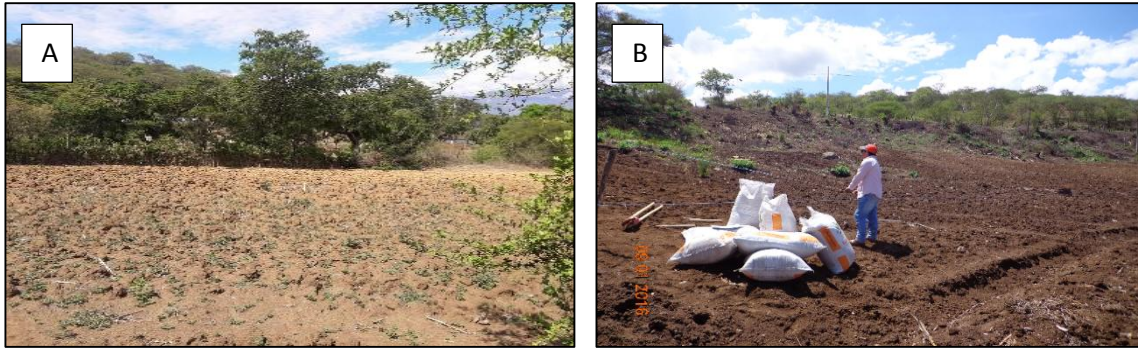


Figura 7. A) y B): Selección del terreno (barrio la Florida, cantón Paltas)

3.3.3. Siembra de plantas de Banano

La densidad de siembra fue de 3 m x 3 m, con un total de 1111 plantas/ hectárea, con un sistema de siembra a tres bolillo.

Luego de la preparación del terreno se realizó el hoyado (50 cm x 50 cm x 50 cm) con el fin de ayudar al mejor desarrollo radicular de la planta (**Fig. 8**).



Figura 8. .Hoyado para siembra de vitroplantas de Banano,

Para la fertilización de base se aplicó 1,5 kilogramos de fertilizante por planta, de acuerdo a los tratamientos a utilizar, más 2 kilogramos de materia orgánica (Nutrisano) igualmente por planta, la dosis de fertilizante es para los tres tratamientos (**Fig.9 A y B**).



Figura 9. A.) Medida de fertilizante por cada tratamiento. B.) Aplicación de fertilizante por tratamiento.

La siembra se la debe realizar en época con suficiente humedad o con suficiente riego, sin embargo el sector de Catacocha cuenta con un escaso nivel de lluvias, motivo por el que no se puede descuidar el aspecto del riego.



Figura 10. Siembra de plantas de Banano

El riego en primera instancia se realizó , ubicando recipientes plásticos llenos de agua en cada planta, con la finalidad que se mantenga la humedad en los primeros días luego de la plantación debido a las condiciones climáticas en los meses de febrero, marzo, abril que son lluviosos en el Cantón Paltas. Posteriormente se lo realizó de forma manual (Fig. 11. A y B).



Figura 11. A.) Riego a vitroplantas de banano utilizando recipiente plástico. B.) Riego manual a vitroplantas de banano

3.3.4. Evaluación de plántulas de Banano en fase de campo

Durante el transcurso de los 120 días de haber instalado el ensayo en campo se realizó la evaluación de las plántulas en los parámetros establecidos que fueron: altura de planta (Fig. 12 A), numero de hojas (Fig. 12 B), diámetro del pseudotallo, superficie foliar y mortalidad. Para la toma de altura se empleó una cinta métrica, para la toma del diámetro se empelo un calibrador digital y para la superficie foliar se consideró el largo y ancho de cada una de las hojas, sacando al final un promedio de la superficie foliar de cada planta; para ello se empleó la fórmula planteada por Benalcázar (2000); que consiste en:

AF: L X AX IF

L: largo de la hoja

A: ancho de la hoja en la mitad de la misma

IF: índice de irregularidad (0, 86)



Figura 12. A.) Toma de altura. B.) Contabilización del número de hojas

3.3.5. Diseño experimental

a. Unidad experimental

Cada una de las plantas de banano constituye una unidad experimental

b. Especificaciones del diseño experimental

El diseño experimental a utilizarse es el de Bloques al Azar el mismo que contará con 3 tratamientos representados por los 3 fertilizantes más el testigo, cada tratamiento cuenta con 30 plantas, cada tratamiento constará de 3 repeticiones cada repetición de 10 plantas y el testigo que constará de 30 plantas.

Cuadro 4. Tratamientos y proporciones

Fertilizante	Tratamiento	Repeticiones	Total de unidades experimentales
FERTIBANANO PLUS 17-6-28	1,5 Kg/planta + 2 Kg MO/ planta	3	30
FOSFATO DIAMONICO 18-46-0	1,5 kg/ planta + 2 Kg MO/ planta	3	30
BLAUKORM CLASSIC 12-8-16	1, 5 Kg/ planta + 2 Kg MO/ planta	3	30
TESTIGO	2 Kg/ planta de MO		30

c. Variables a evaluar

- Altura de la planta
- Número de hojas
- Diámetro del pseudotallo
- Superficie de área foliar
- Mortalidad

El tiempo para realizar la toma de datos es de cada 15 días por el periodo de 4 meses es decir que se contará con 8 evaluaciones

Cuadro 5. Tabla de toma de datos para la fase de campo de vitroplantas de banano

Especie:			Fecha de Evaluación:			
Numero de vitroplanta	Tratamiento	Repetición	Altura	Numero de hojas	Diámetro del pseudotallo	Superficie foliar

d. Modelo matemático

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño de bloques al azar:

- $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$
- μ = media general
- T_i = efecto del i-ésimo tratamiento
- B_j = efecto del j-ésimo bloque
- E_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i

Los efectos de tratamientos y bloques son aditivos. No hay interacción entre bloques y tratamientos. La relación entre los tratamientos es la misma en cada uno de los bloques.

e. Análisis estadístico de datos

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en cada uno de los ensayos se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2008) versión 2008, en el cual se realizó el análisis de varianza ANAVA estableciendo diferencias significativas con el test de Duncan a un nivel de significancia de 0,05. Se probaron supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad para cada una de las variables en los distintos ensayos. En el Cuadro 6 se presenta la matriz con las medidas resumen empleada para el análisis de la información.

Cuadro 6. Formato de cuadro para el análisis estadístico de la presente tesis

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R²	R² Aj	CV	
F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor
Modelo					
Tratamiento					
Repetición					
Error					
Total					
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error:	gl:				
Tratamiento	Medias	N		EE	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)					

3.4. Metodología para la difusión de resultados de la investigación a los actores involucrados, docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronómica

Para la difusión de los resultados de la presente investigación y dar cumplimiento a este objetivo se realizó lo siguiente:

- Se socializó los resultados de la investigación, a través de una exposición a los estudiantes del octavo ciclo de la Carrera de Ingeniería Agronómica
- Se elaboró un tríptico con la finalidad de dar a conocer los resultados obtenidos de la presente investigación
- Finalmente, se redactó un artículo científico para difundir los resultados de la investigación, a nivel de la Universidad Nacional de Loja, Carrera de Ingeniería Agronómica y Biblioteca del AARNR.

4. RESULTADOS

4.1. Desarrollo de las vitroplantas de banano (*Musa spp. Var Cavendish*) en la fase de aclimatación.

4.1.1. Altura de vitroplantas

Según el análisis de varianza (ANAVA) aplicado para la altura de vitroplantas de banano se pudo determinar que los datos no presentaron una variabilidad significativa pues se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 8,09. De la misma manera la prueba de Duncan nos muestra que no hay diferencias significativas entre el segundo y tercer tratamiento, no así con el primer tratamiento que si presenta diferencias con los dos antes mencionados con una $p > 0,05$.

La altura de la vitroplanta se tomó desde la base del tallo hasta la bifurcación en V que forman las hojas finales; siendo el mejor tratamiento el primero (turba 100%) pues obtuvo un incremento de 5,3 cm de altura/ planta a los 120 días de establecido el ensayo, a diferencia del segundo tratamiento (turba 50%+tierra 50%) que obtuvo un incremento de 3.3cm de altura/planta, y finalmente el tercer tratamiento (turba tierra +arena(1:1:1)) con 1,9 cm de altura/planta.

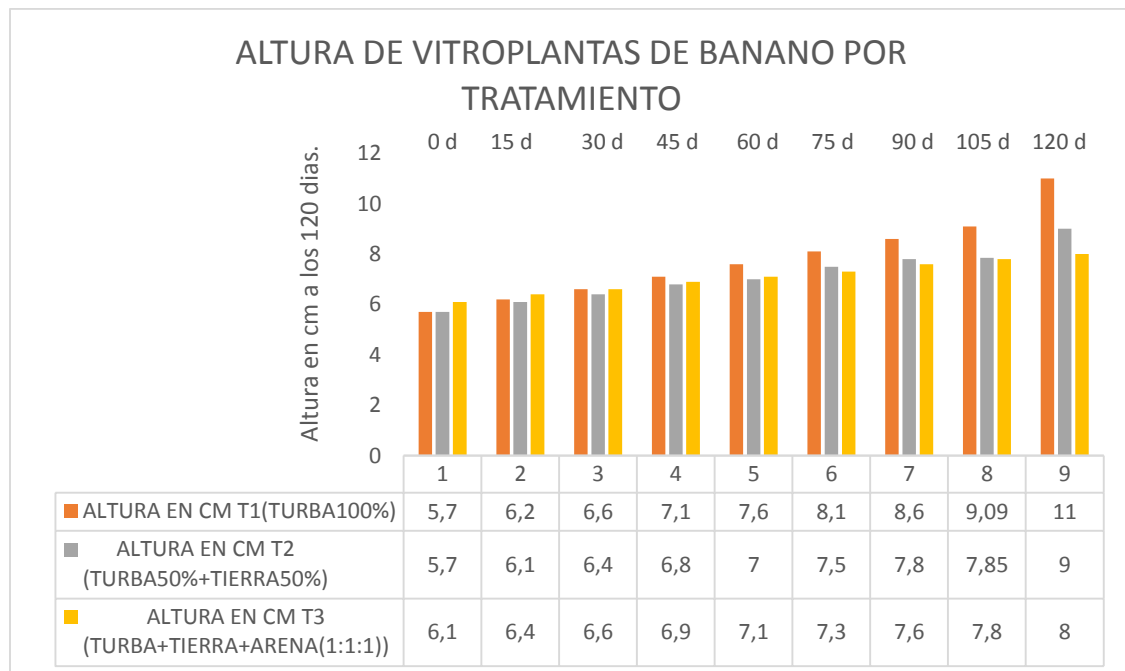


Figura 13. Promedio de altura en vitroplantas de Banano (*Musa spp. var. Cavendish*), a los 120 días de la fase de aclimatación

4.1.2. Número de hojas de vitroplantas

Según el análisis de varianza (ANAVA) aplicado para el número de hojas de vitroplantas de banano se pudo determinar que los datos no presentaron una variabilidad significativa pues se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 12,91. En cambio la prueba de Duncan nos muestra que hay diferencias entre los tres tratamientos con una $p > 0,05$

El número de hojas se consideró contabilizando las hojas iniciales y el incremento que se obtuvo al final de los 120 días durante el proceso de aclimatación tomando en cuenta que en el transcurso de esta fase se perdieron hojas debido a los cambios fisiológicos que las vitroplantas de banano sufren.

Siendo el primer tratamiento (turba100%) el mejor, pues obtuvo un incremento de 1 hoja/planta, durante los 120 días de la fase de aclimatación, pasando de 6 hojas iniciales/planta a 7 hojas finales/ planta, luego el segundo tratamiento (turba 50%+tierra 50%) que no obtuvo incremento de hojas pues se mantuvo con las 6 hojas iniciales/planta, y finalmente el tercer tratamiento (turba tierra +arena(1:1:1)) en el que hubo pérdida de hojas , pues al inicio del proceso de aclimatación se contabilizó un promedio de 7 hojas/planta y finalizó con un promedio de 5 hojas/planta.

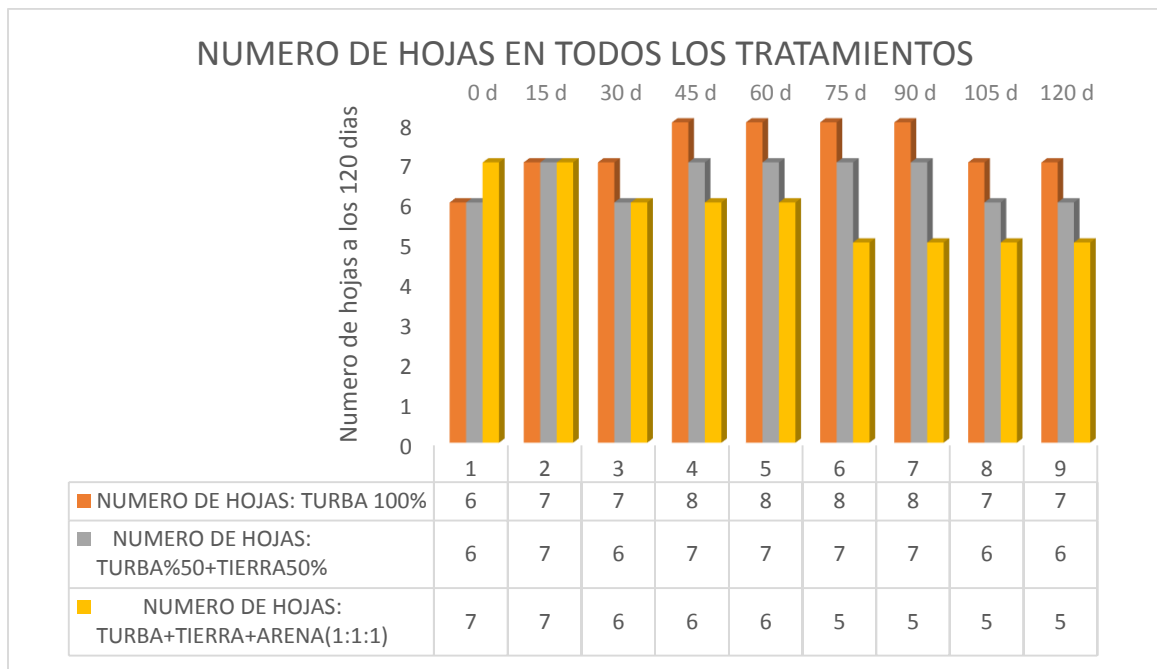


Figura 14. Promedio del número de hojas en vitroplantas de Banano (*Musa* spp. var. Cavendish), a los 120 días de la fase de aclimatación

4.1.3. Longitud de raíces en vitroplantas

Según el análisis de varianza (ANAVA) aplicado para la longitud de raíces de vitroplantas de banano se pudo determinar que los datos no presentaron una variabilidad significativa pues se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 7,10. En cambio la prueba de Duncan nos muestra que hay diferencias entre los tres tratamientos del ensayo con una $p > 0,05$

La longitud de la raíces se evaluó dos veces; la primera antes de la siembra y la segunda al final del ensayo, cuando fueron trasplantadas de los recipientes plásticos a las fundas plásticas previo a la siembra en campo definitivo.

Siendo el primer tratamiento el mejor (turba100%), pues obtuvo un incremento en la longitud de la raíces de 15cm/planta a los 120 días de haber establecido el ensayo, luego el segundo tratamiento (turba 50%+tierra 50%) que tuvo un incremento de 11 cm/planta, y finalmente el tratamiento número tres (turba tierra +arena (1:1:1)), con 10 cm/planta.

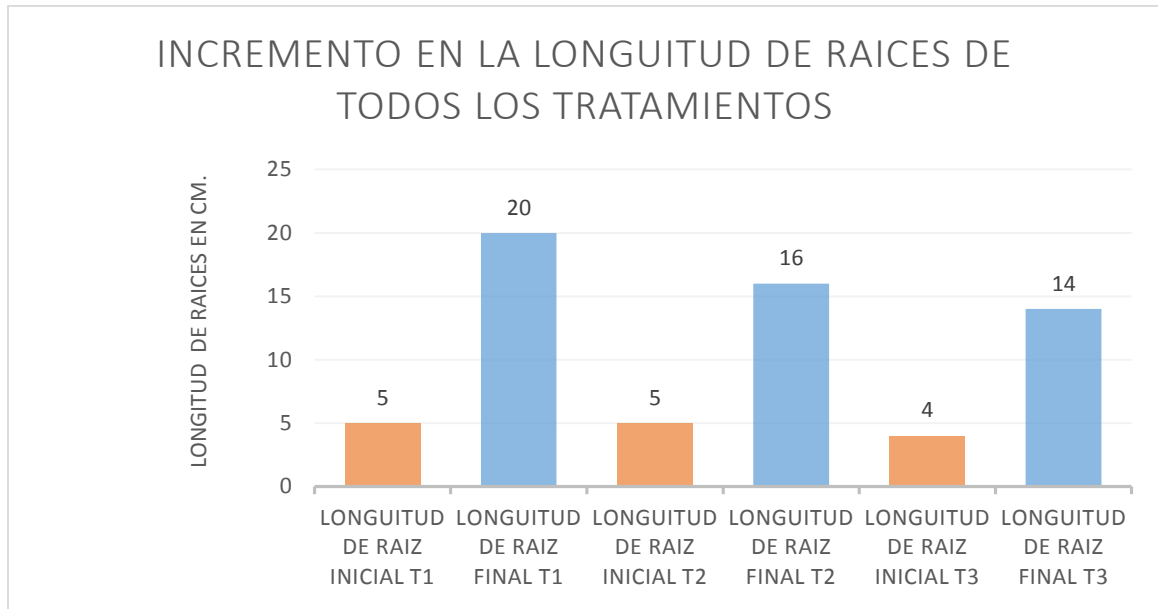


Figura 15. Promedio de longitudes de raíces en vitroplantas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish), a los 120 días de la fase de aclimatación

4.1.4. Número de raíces en vitroplantas

Según el análisis de varianza (ANAVA) aplicado para el número de vitroplantas de banano se pudo determinar que los datos no presentaron una variabilidad significativa pues se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 11,66. En cambio la prueba de Duncan nos muestra que hay diferencias entre los tres tratamientos del ensayo con una $p > 0,05$.

El número de raíces se tomó junto al dato de longitud, es decir al antes de la siembra y al final del ensayo.

Siendo el primer tratamiento (turba 100%) el mejor, pues obtuvo un incremento de 11 raíces/planta, a continuación el segundo tratamiento (turba 50%+tierra 50%) con 9 raíces/planta, y finalmente el tercer tratamiento (turba tierra +arena (1:1:1)) con 8 raíces/planta.

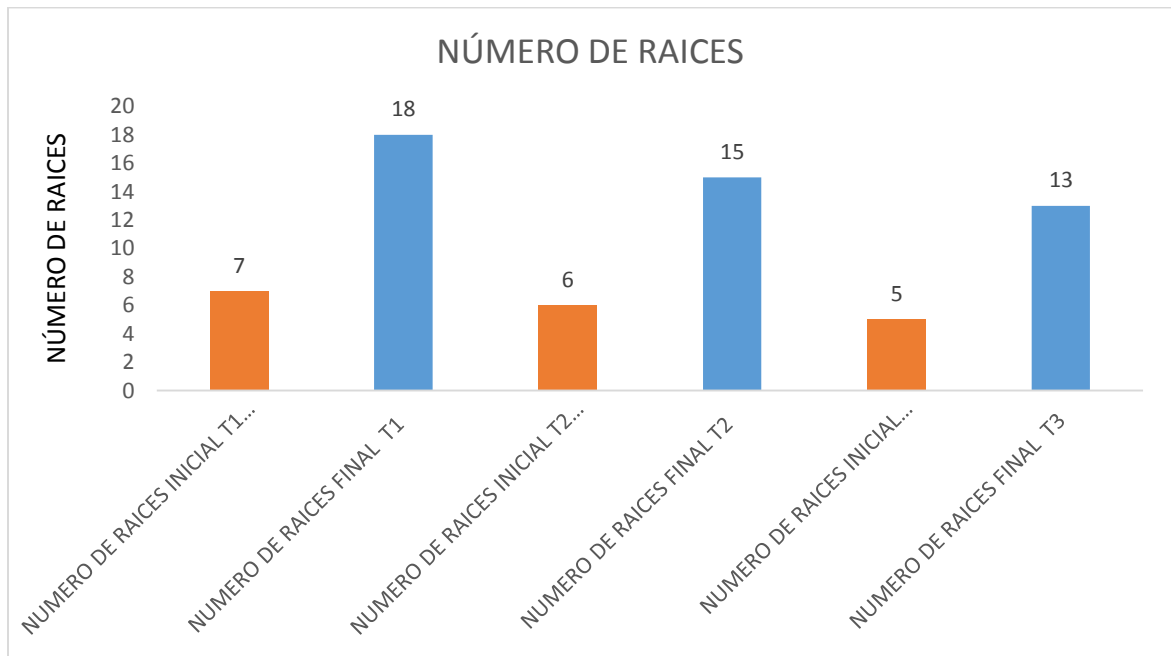


Figura 16. Promedio de número de raíces en vitroplantas de Banano (*Musa* spp. var. Cavendish), a los 120 días de la fase de aclimatación

4.1.5. Porcentaje de mortalidad

No existió mortalidad en ninguno de los tres tratamientos evaluados.

4.2. Desarrollo de las vitroplantas de banano (*Musa spp.* Var Cavendish) en la fase de campo.

4.2.1. Altura de planta

Según el análisis de varianza (ANOVA) aplicado para la altura de vitroplantas de banano se pudo determinar que los datos no presentaron una variabilidad significativa pues se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 27,13.

En cambio la prueba de Duncan nos muestra que hay diferencias significativas entre el tratamiento 4 con respecto a los otros tres tratamientos del ensayo, los cuales no muestran diferencias significativas entre sí, con una $p > 0,05$.

La altura de la vitroplanta se tomó desde la base del tallo hasta la bifurcación en V que forman las hojas finales.

Para la siembra se utilizaron plantas de 18 a 20 cm, previamente aclimatadas.

Siendo el tratamiento cuatro (Blaukorn Classic) el mejor pues obtuvo un incremento de 84,55 cm/planta en 120 días después de la siembra, luego el tercer tratamiento (Fosfato Diamonico) con 70,71cm/planta, seguido del segundo tratamiento (Fertibanano Plus) con 67,60 cm/planta, y finalmente el tratamiento uno (Testigo) con un incremento de 65,97 cm/planta.

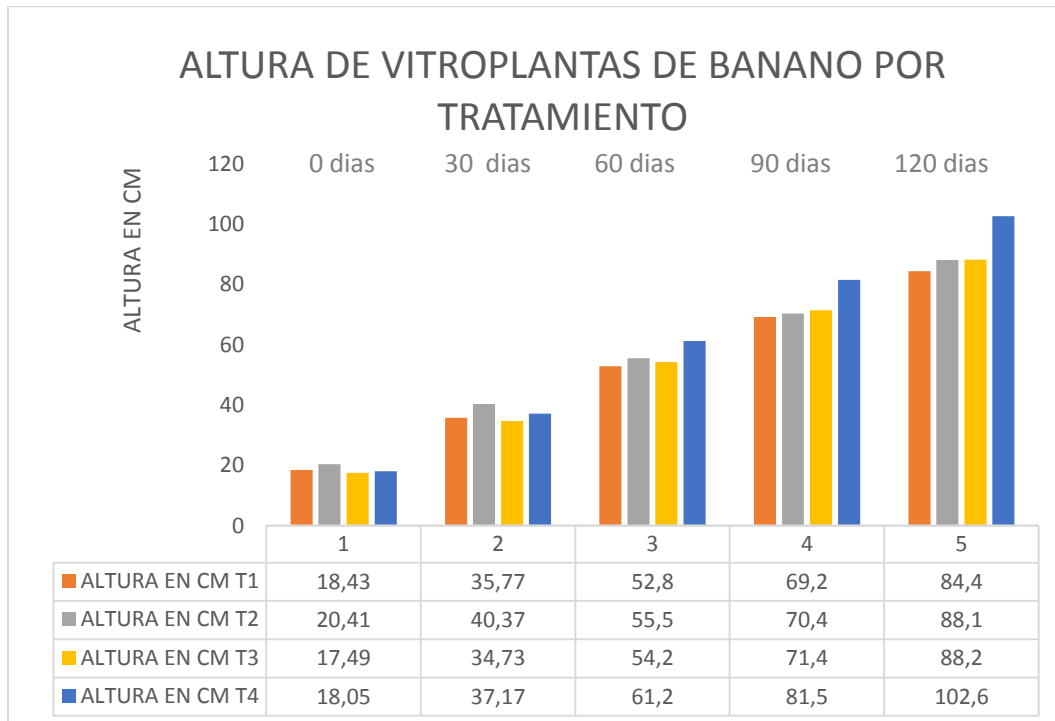


Figura 17. Promedio de altura de plántulas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish), a los 120 días de la fase de campo

4.2.2. Número de hojas

Según el análisis de varianza (ANAVA) aplicado para el número de hojas de vitroplantas de banano se pudo determinar que los datos no presentaron una variabilidad significativa pues se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 27,25. En cambio la prueba de Duncan nos muestra que hay diferencias significativas entre el tratamiento 4 con respecto a los otros tres tratamientos del ensayo, los cuales no muestran diferencias significativas entre sí, con una $p > 0,05$.

El número de hojas se consideró contabilizando las hojas iniciales y el incremento que se obtuvo al final de los 120 días durante la fase de campo, tomando en cuenta que en el transcurso de esta fase se perdieron hojas debido al estrés que sufrieron las plantas por los diferentes factores climáticos presentes.

Siendo el cuarto tratamiento (Blaukorn Classic) el mejor, pues obtuvo un incremento de 3 hojas/planta, pasando de tener 7hojas/planta iniciales a 10 hojas/planta a los 120 días de la siembra en campo, seguidos del tratamiento uno (Testigo) y tres (Fosfato Diamonico) con un incremento de 2 hojas/planta, y finalmente el tratamiento dos (Fertibanano Plus) con 1 hoja/planta.

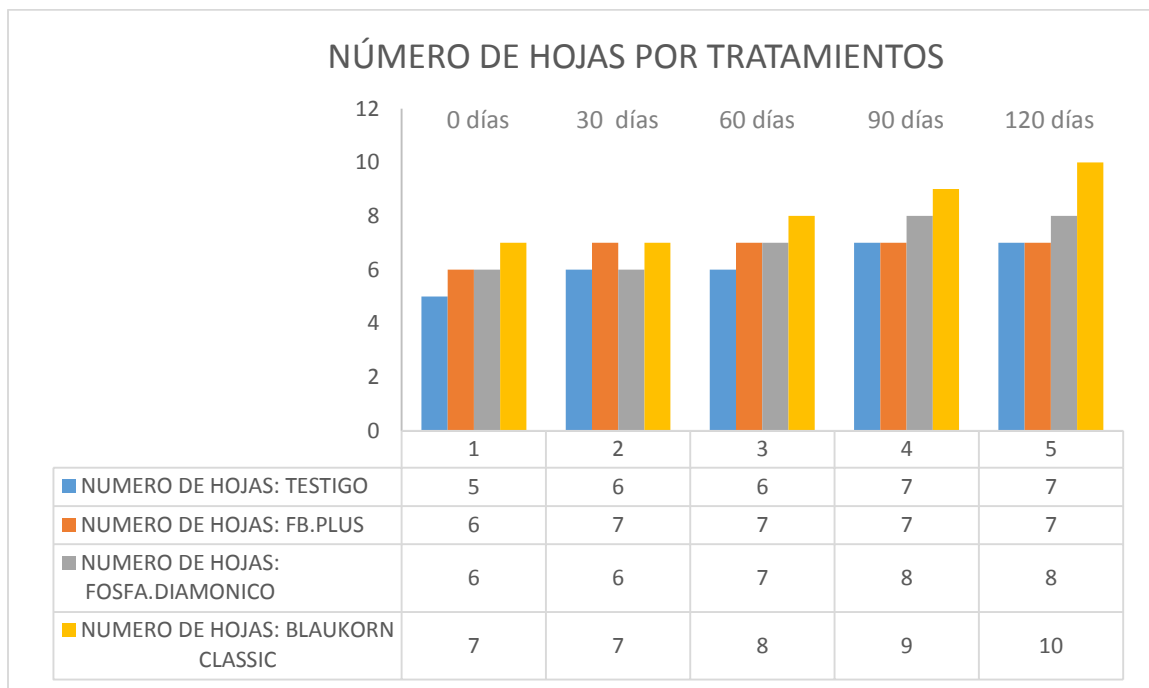


Figura 18. Promedio de numero de hojas en plántulas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish), a los 120 días de la fase de campo

4.2.3. Superficie foliar

Según el análisis de varianza (ANAVA) aplicado para la superficie foliar de vitroplantas de banano se pudo determinar que los datos no presentaron una variabilidad significativa pues se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 30,63. En cambio la prueba de Duncan nos muestra que hay diferencias significativas entre el tratamiento 4 con respecto a los otros tres tratamientos del ensayo, convirtiéndose en el mejor tratamiento, aunque el tratamiento uno y tres no presentan diferencias significativas entre sí, a diferencia del tratamiento 2 que resultó ser el de más bajos resultados y significativamente variable con los demás tratamientos del ensayo, con una $p > 0,05$.

El dato de superficie foliar fue tomado a los 120 días, es decir al final del ensayo.

Siendo el cuarto tratamiento (Blaukorn Classic) el mejor, pues obtuvo 2m^2 de superficie foliar/planta, seguido del primer tratamiento (Testigo) con $1,33\text{m}^2$ /planta, luego el tercer tratamiento (Fosfato Diamonico) y finalmente el segundo tratamiento (Fertibanano Plus) con $1,03\text{m}^2$ /planta.

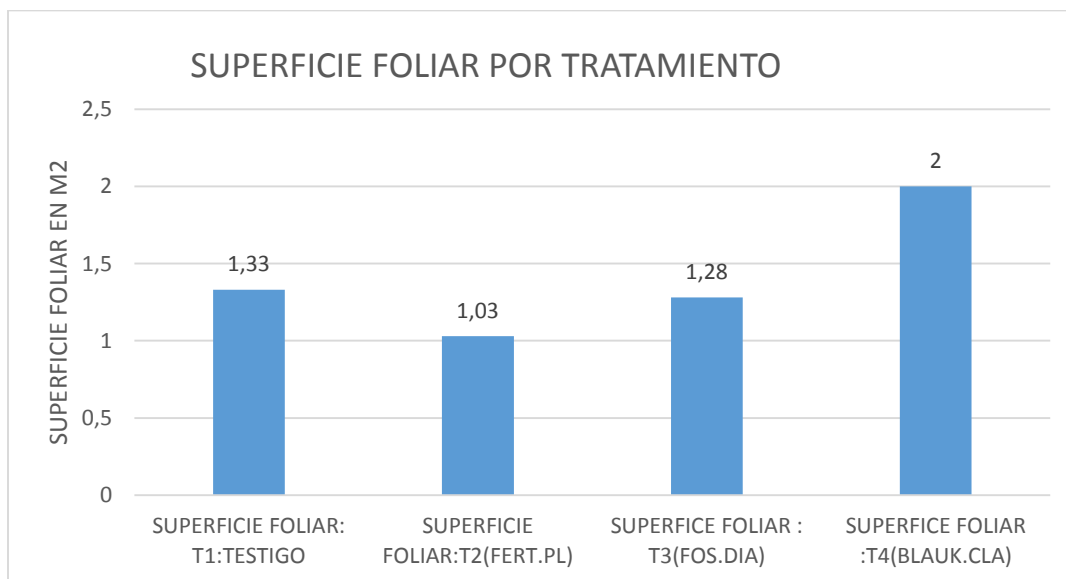


Figura 19. Promedio de superficie foliar en plántulas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish), a los 120 días de la fase de campo

4.2.4. Diámetro del pseudotallo

Según el análisis de varianza (ANAVA) aplicado para el diámetro del pseudotallo de vitroplantas de banano se pudo determinar que los datos no presentaron una variabilidad significativa pues se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 26,98. En cambio la prueba de Duncan nos muestra que hay diferencias significativas entre el tratamiento 4 con respecto a los otros tres tratamientos del ensayo, los cuales no muestran diferencias significativas entre sí, con una $p > 0,05$.

El diámetro del pseudotallo se tomó a partir de los 10 cm de su base.

Siendo el tratamiento cuatro (Blaukorn Classic) el mejor, pues obtuvo un incremento en el diámetro de 5,4 cm/planta a los 120 días después de la siembra, seguido del tercer tratamiento (Fosfato Diamonico) con un incremento de 4,2cm/planta, y finalmente los tratamientos uno (Testigo) y dos (Fertibanano Plus) con 3,8 cm/planta cada uno.

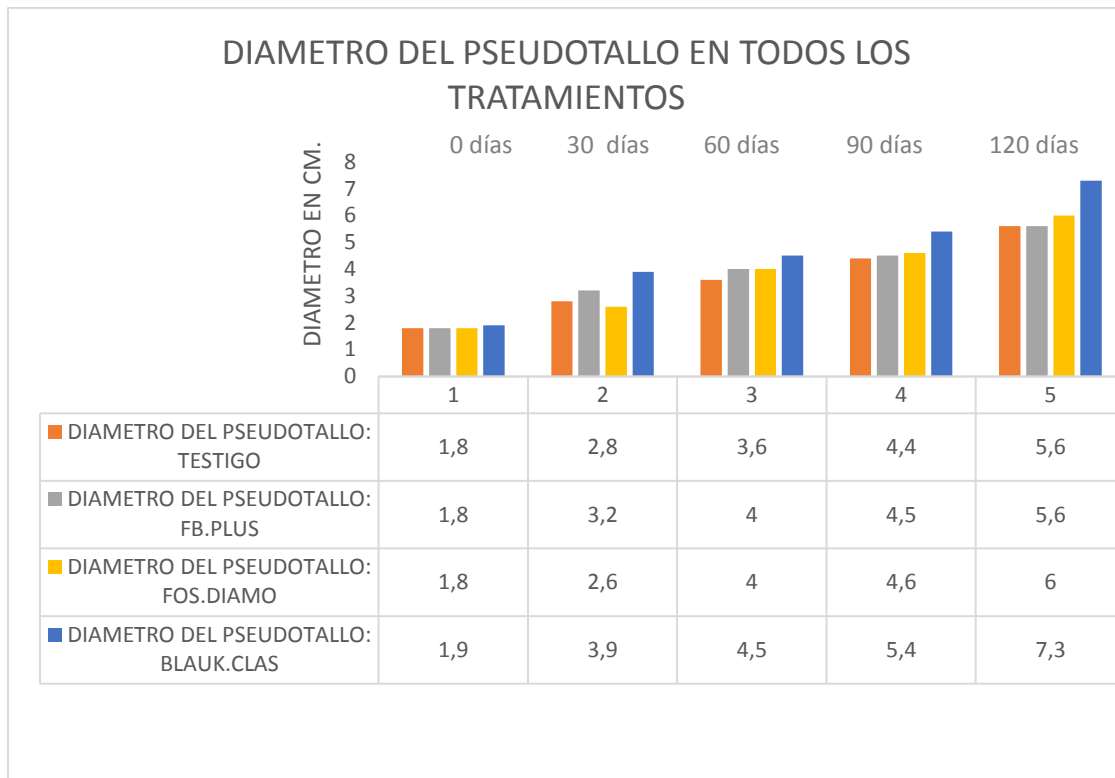


Figura 20. Promedio del diámetro del pseudotallo en plántulas de Banano (*Musa* spp. var. Cavendish), a los 120 días de la fase de campo.

4.2.5. Porcentaje de mortalidad

El mejor tratamiento fue el número cuatro (Blaukorn Classic), pues no existió mortalidad dentro de los 120 días que duró el ensayo en campo, a diferencia del tratamiento uno (Testigo) que tuvo un 20 % de mortalidad (seis plantas), el tratamiento tres (Fosfato Diamónico) con 6,66% (2 plantas), y el tratamiento dos (Fertibanano Plus) con 3,33% (1 planta).

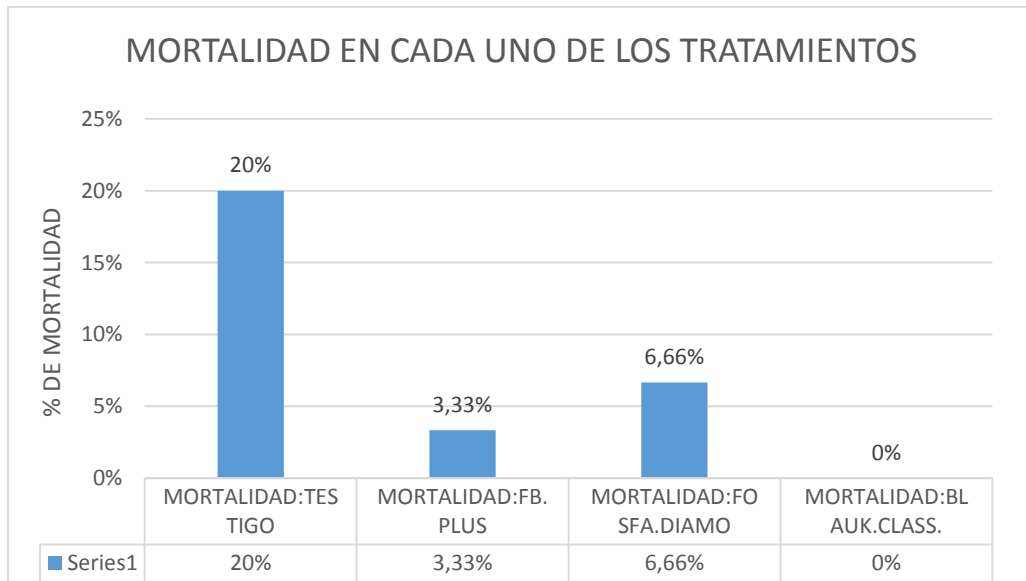


Figura 21. Porcentaje de mortalidad en plántulas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish), en los diferentes tratamientos aplicados en la fase de campo.

4.3. Difusión de la información generada

Para la difusión de la investigación y dada la importancia que representa la generación de información sobre este tema, se realizaron varias actividades para la correcta difusión de los resultados.

En primera instancia se realizó una socialización del proyecto de tesis al equipo técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja, donde se logró aportar con algunas pautas y recomendaciones para futuras investigaciones con esta especie. Así mismo, se realizó una exposición de la investigación a los estudiantes del cuarto año de la Carrera de Ingeniería Agronómica, con la finalidad de enriquecer y fortalecer sus conocimientos técnico-científico en su formación como futuros ingenieros agrónomos. Además se elaboró y entregó un tríptico divulgativo a estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica. Finalmente

se elaboró un artículo científico de la tesis, con la finalidad de difundir la información a aquellos actores involucrados con el campo agronómico.

5. DISCUSIÓN

5.1. Fase de aclimatación de vitroplantas de banano empelando tres tipos de sustratos.

- **Altura de vitroplantas de Banano**

Según (Sandoval, 2008), la aclimatación de plantas producidas por cultivo de tejidos es una de las etapas más importantes en la micropropagación. Cualquiera que sea la metodología empleada para la micropropagación, uno de sus principales propósitos es el de obtener un número suficiente de plantas aptas para su trasplante al suelo o a otro sustrato. Esta es una fase crítica en muchos casos se le conoce como periodo de aclimatación o endurecimiento.

En la presente investigación de los sustratos empleados (turba 100%, turba 50%+tierra 50%, turba + tierra+ arena (1:1:1)), para la fase de aclimatación, el T1 (turba 100%) fue el mejor, presentando un incremento de altura de 5,3 cm/planta, durante el periodo de 120 días que duro en ensayo; resultados que concuerdan con los del (Centro de Investigaciones Biotecnologicas del Ecuador, 2010), que trabajaron en aclimatación de vitroplantas de Banano empleando Bocashi, alcanzando alturas promedio de 6,3 cm/planta.

Según (Aguayo & Enriquez, 2013) al trabajar con un sustrato a base de Materia Orgánica, Arena y Tamo de arroz (1:1:1), se obtienen alturas promedios de 3 a 3,5 cm/planta, resultados que se encuentran por debajo del mejor tratamiento (turba 100%), aunque concuerdan con lo obtenido por el segundo tratamiento (turba 50%+tierra 50%) utilizado en el ensayo.

Según (Villatoro & Carrillo, 2004) el mejor sustrato para la fase de aclimatación en vitroplantas de banano es la mezcla de tierra de montaña y estiércol bovino en proporciones de 50%, dando mejores resultados que el mejor tratamiento de esta investigación (turba 100%), con incremento promedio de alturas de 8 cm/planta a los 120 días.

Un problema que se presenta en el crecimiento de vitroplantas de banano en fase de aclimatación es el incremento excesivo de humedad en el sustrato pues como menciona (Sandoval, 2008), incrementa los niveles de CO₂ Y O₂ lo cual inhibe el crecimiento.

Otros resultados obtenidos por (Ramon, Enriquez, & Velasco, 2010) manifiestan que emplear turba como sustrato en la aclimatación de vitroplantas de banano permite el mejor desarrollo en altura , debido a las propiedades físicas (elevada Capacidad de Intercambio Catiónico, gran

capacidad de retención de agua, espacio poroso total elevado) que esta posee, lo que permite una buena circulación de aire y facilidad para la extracción de agua por parte de las raíces de las plantas, aunque los resultados obtenidos en cuanto a la altura en la presente investigación son más prometedores, sobrepasando el promedio de altura de 8cm/planta.

Otra investigación realizada por (Vera, 2014) manifiesta que le mejor sustrato para la fase de aclimatación es la mezcla de Arena, Humus y Zeolita (5,2.5, 2.5), obteniendo incremento promedio de altura 6,4 cm/planta, datos que sobrepasan los obtenidos por el mejor tratamiento (Turba 100%) de la presente investigación.

- **Numero de hojas**

De los tres tratamientos utilizados para la fase de aclimatación, el tratamiento uno (Turba 100%) es el que mejores resultados dio en el total de numero de hojas pues se obtuvo un promedio de 7 hojas/planta, resultados que concuerdan con los obtenidos por (Centro de Investigaciones Biotecnologicas del Ecuador, 2010), que al aplicar Bocashi como sustrato se registró un promedio de 7 hojas/planta a los 120 días; en cambio (Villatoro & Carrillo, 2004) demuestra que al aplicar la mezcla de tierra de montaña y el estiércol bovino en proporciones del 50%, se obtiene un promedio de 5 hojas/planta, resultados se encuentran por debajo de los obtenidos en el mejor tratamiento del ensayo, de igual manera(Vera, 2014), manifiesta que al utilizar la mezcla de Arena, Humus y Zeolita (5,2.5, 2.5) como sustrato se obtiene un promedio de 5 hojas/planta, datos que no superan los obtenidos en esta investigación al utilizar la Turba al 100%, pero si concuerdan con los datos obtenidos por el segundo y tercer tratamiento del ensayo.

Según (Aguayo & Enriquez, 2013) al trabajar con una mezcla de Materia orgánica, Arena y Tamo de arroz (1:1:1), se obtiene un promedio de 5 a 6 hojas/planta, resultados que son inferiores a los obtenidos al aplicar Turba al 100%, que según (Maza, 2014).

- **Numero de raíces**

En la presente investigación el número de raíces fue evaluado al inicio y al final del ensayo, presentando los mejores resultados en número de raíces, el tratamiento uno (Turba 100%) con un promedio de 18 raíces/planta, presentando así estadísticamente diferencias significativas con el resto de los tratamientos presentes en el ensayo, estos resultados son similares a los obtenidos por

el (Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, 2010) que dieron un promedio de 20 raíces/planta.

En cambio estudios realizados por (Bravo, 2015) muestran que el sustrato que permite el mejor desarrollo y multiplicación de raíces es la mezcla de tierra 50 %, humus de lombriz 30% y arena 20 %, dando un promedio de 25 raíces /planta durante los 120 días del periodo de aclimatación, superando los resultados obtenidos al utilizar turba 100%.

- **Longitud de raíces**

La longitud de la raíces tiene mucho que ver con las características físicas y químicas que el sustrato posea, es por eso que de los tres tratamientos de la presente investigación, el que mejor contribuyó al desarrollo radicular fue el tratamiento uno (Turba 100%), pues obtuvo un promedio de 16 cm/planta, resultados que presentan diferencias significativas según los análisis estadísticos realizados en INFOSTAT con los otros dos tratamientos del ensayo; estos resultados se encuentran muy por debajo por los obtenidos por él (Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, 2010), quien empleando el Bocashi como sustrato para aclimatación obtuvo promedios de 25cm/planta , en la longitud de las raíces, en cambio (Martinez, Sigcha, Toaquiza, & Ramos, 2013) empleando tierra de sembrado como sustrato obtienen promedio de longitud de raíces de 20 cm/planta resultados que sobrepasan los obtenidos por el mejor tratamiento del ensayo (Turba 100%), según (Roca & Mroginski, 2010) la inhibición del crecimiento de las raíces se debe a las elevadas concentraciones de auxinas presentes en el medio de cultivo en el cual se realizó la reproducción in vitro, ya que estas hormonas ayudan a la multiplicación radicular y no a su crecimiento.

- **Porcentaje de mortalidad**

En la presente investigación se evidencio el 0 % de mortalidad en todos los tratamientos, este dato concuerda con el obtenido por (Martinez, Sigcha, Toaquiza, & Ramos, 2013) quien obtuvo de igual forma el 0 % de mortalidad al emplear tierra de sembrado como sustrato, no así (Chanchignia & Ramos, 2004), que obtuvieron el 3% de mortalidad al emplear carboncillo como sustrato.

5.2. Desarrollo inicial de vitroplantas de banano en campo empleando tres tipos de fertilizante base.

- **Altura de planta**

En la presente investigación se evaluó el desarrollo inicial de vitroplantas de banano previo a su aclimatación en invernadero, empleando tres tipos de fertilizantes base, durante un periodo de 120 días, siendo el mejor el Tratamiento 4 (Blaukorn classic), el mejor en el desarrollo en la altura de la planta, a diferencia del Tratamiento 2 (Fertibanano Plus), que obtuvo un menor desarrollo, siendo este fertilizante propio para el desarrollo del cultivo de banano, lo que demuestra que este no fue asimilado de manera correcta por las vitroplantas de banano, lo que según (Cakmak & Hengeler, 2010) tiene que ver la presencia de Magnesio, bien es cierto ambos fertilizantes poseen en su formulación este elemento, el Tratamiento 4 (Blaukorn Classic) lo posee en mayor cantidad, permitiendo que la vitroplanta de Banano realice funciones fotosintéticas eficazmente, pues como menciona (Roca & Mroginski, 2010) las vitroplantas luego de su aclimatación continúan la deficiencia de foto asimilados debido a la condición de su origen.

La formulación empleada por (Perez, Aguero, & Guzman, 1998) fue la de Fertiandino (18-18-23 +1S), con dosis recomendadas de 1,30Kg/planta; presento resultados similares en altura de planta; 1,1 m/planta, esto a los 120 días luego de la siembra; a los obtenidos por el mejor tratamiento del ensayo Blaukorn classic (18-8-16.3-25), con dosis de 1,5Kg/planta.

Cabe recalcar que en la presente investigación no conto únicamente la fertilización como factor de desarrollo de la vitroplantas de banano, sino también las demás labores culturales como el riego, la deshierba, el deshoje, que permitieron al cultivo su óptimo desarrollo como lo menciona (Garcia, 2006)

- **Numero de hojas**

En la presente investigación se evaluó el número de hojas como una de las variables a tomar en cuenta en el desarrollo inicial de la vitroplantas de Banano, siendo el mejor tratamiento el 4 (Blaukorn classic), con un promedio de 10 hojas/ planta, resultados que concuerdan con los obtenidos por (Perez, Aguero, & Guzman, 1998), que aplicando de Fertiandino (18-18-23 +1S), con dosis recomendadas de 1,30Kg/planta; obtuvo un promedio de 9 hojas/ planta.

Otra investigación realizada por (Lopez & Espinoza, 1995), muestra que la formulación 15-3-21, presenta mejores resultados en incremento del número de hojas, pues al aplicar 1,4 Kg/planta obtuvieron un promedio de 14 hojas/planta, resultado que superan a los obtenidos por el mejor tratamiento de la presente investigación (Blaukorn classic) con un promedio de 10 hojas/planta, tomando en cuenta que en ambas investigaciones se contabilizan las hojas sanas.

- **Superficie foliar**

En cuanto a la superficie foliar el mejor tratamiento fue el numero 4 (Blaukorn classic), con un superficie foliar promedio de $2\text{m}^2/\text{planta}$, datos que concuerdan con los obtenidos por (Perez, Agüero, & Guzmán, 1998), que menciona en su investigación un promedio de $1,9\text{m}^2/\text{planta}$, aplicando Fertiandino (18-18-23 +1S), con dosis recomendadas de 1,30Kg/planta esto a los 120 días.

Otra investigación realizada por (Lopez & Espinoza, 1995)menciona a la formulación 15-3-21 con resultados similares a lo que respecta a la superficie foliar, obteniendo un promedio de $1,9\text{m}^2/\text{planta}$, a los 120 días y con una dosis recomendada de 1,4 Kg/planta, dato que concuerda con el mejor tratamiento de la presente investigación (Blaukorn classic), cabe mencionar que los autores afirman que para un buen desarrollo de las plantas de banano, ni el Nitrógeno ni el Potasio deben faltar en un programa de fertilización.

- **Diámetro del pseudotallo**

El diámetro del pseudotallo fue evaluado a los 10 cm de la base del tallo, siendo el mejor tratamiento de numero 4 (Blaukorn classic(18-8-16.3-25)), ya que obtuvo un diámetro promedio de 7,3 cm/planta, esto a los 120 días de haber establecido el ensayo, datos que coinciden con los obtenidos por (Perez, Agüero, & Guzmán, 1998), que menciona en su investigación un promedio de 7 cm/planta, aplicando Fertiandino (18-18-23 +1S), con dosis recomendadas de 1,30Kg/planta esto a los 120 días, lo que indica que el desarrollo de las vitroplantas de banano en campo en la presente investigación muestran una tendencia similar al aplicar diferentes formulaciones químicas, es decir que la producción de vitroplantas de Banano puede suplir a la producción

vegetativa, pues presenta un buen desarrollo en menor tiempo , a más de presentar resistencia a plagas y enfermedades, ya que en la producción convencional esto es una de las principales causas de mortalidad.

Otra investigación realizada por (Lopez & Espinoza, 1995) menciona a la formulación 15-3-21 con mejores resultados a lo que respecta al diámetro del pseudotallo, obteniendo un promedio de 8,5cm/planta, a los 120 días y con una dosis recomendada de 1,4 Kg/planta, lo que muestra que la asimilación de nutrientes en las vitroplantas es diferente.

- **Mortalidad de Plántulas de Banano en Campo**

En cuenta a mortalidad el mejor tratamiento es el (Blaukorn classic (18-8-16.3-25)), pues no presenta mortalidad, a diferencia del testigo que muestra un 20 % de mortalidad, estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Perez, Agüero, & Guzmán, 1998), que menciona un 0% de mortalidad, aplicando Fertiandino (18-18-23 +1S), es decir que la aplicación adecuada de un fertilizante, a más de una agrotecnia adecuada, ayudan a un buen desarrollo de las plantas, impidiendo de esta manera cuantiosas pérdidas económicas en las producciones a gran escala de este cultivo.

6. CONCLUSIONES

- La técnica de cultivo *in vitro* nos permite contar con material vegetal sano libre de plagas y enfermedades, lo que abarata los costos para los productores al disminuir la utilización de agroquímicos, además nos permite disponer de material de siembra para cualquier época del año lo que permite planificar la producción y contribuye a que exista uniformidad en las plantaciones
- En la fase de aclimatación la turba al 100% fue el sustrato que permitió el mejor desarrollo de las vitroplantas, esto gracias a que sus excelentes condiciones físicas y químicas, constituyéndose así en un sustrato ideal para aclimatar plantas producidas *in vitro*.
- El tratamiento cuatro (Blaukorn classic), fue el mejor del ensayo, pues permitió un desarrollo morfológico óptimo de las vitroplantas de banano en la fase de campo, esto gracias a su gran solubilidad y a la presencia de Magnesio en su composición, elemento que permite la formación de clorofila, compuesto esencial de las plantas para la realización de la fotosíntesis.

7. RECOMENDACIONES

- Para la fase de aclimatación se recomienda controlar la humedad del sustrato puesto que el exceso produce niveles inconvenientes de CO₂ y O₂ lo que inhibe el crecimiento de las vitroplantas.
- Para la fase de aclimatación se recomienda seguir convenientemente los protocolos adecuados para evitar inconvenientes en el desarrollo de las vitroplantas.
- En la fase de campo se recomienda contar con un riego adecuado, pues el estrés hídrico que sufren las plantas produce inconvenientes para su óptimo desarrollo.
- Se recomienda realizar más investigaciones con respecto al establecimiento en campo de especies producidas in vitro, para poder generar información, pues hasta el momento se encuentra limitada.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agropecuarios.net. (10 de Septiembre de 2014). Obtenido de <http://agropecuarios.net/wiki/hijos-de-banano/>
- Aguayo, S., & Enriquez, L. (2013). *Adaptacion de vitroplantas de Banano (Musa AAA variedad Willians) en condiciones de invernadero*. Guayaquil.
- ANGARITA, A., & PEREA, M. (1991). Micropropagación de plátanos y bananos. En W. ROCA, & L. (. MROGINSKI (Edits.), *Cultivo de tejidos en la agricultura*. Colombia.
- Arevalo, J., & Arturo, M. (2010). *Efecto de los brasinoesteroides sobre las fases de establecimiento, multiplicacion y enraizamiento in vitro de Banano (Musa spp) variedad Williams*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/925/1/T-ESPE-029613.pdf>
- Bravo, H. (2015). *Integración de micorrizas y nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plantulas de banano (Musa AAA) en fase de aclimatacion*. Quevedo.
- Bures, S. (2000). *Sustratos*. Madrid: Ediciones Agrotecnicas.
- Cakmak, & Hengeler. (2010). *Efecto del magnesio en la produccion agricola* .
- Carrillo, A. (2010). *Evaluacion de diferentes sustratos en la aclimatacion de vitroplantas de Banano(Musa spp) en fase de vivero*. Guatemala.
- CENTA, C. N. (2013). *Cultivo in vitro de Banano*. El Salvador.
- Centro de Investigaciones Biotecnologicas del Ecuador, C. (2010). *Aclimataacion de vitroplantas de Banano(Musa spp)empleado diferentes sustratos*. Quito.
- Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, (. (2000). *El cultivo de Platano*. Republica Dominicana.
- Cigales, M., & Perez, O. (2011). Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México.
- Chanchignia, F., & Ramos, L. (2004). *Micropropagación de platano variedad barraganete*. Quevedo.
- DISSUP. (2012). <http://www.dissupp.com/productos/banano>.
- ELLIS, F. (2001). *Las Transnacionales del banano en Centroamerica*. Costa Rica.
- EXPERT, C. (24 de Noviembre de 2015). *COMPO EXPERT*. Obtenido de <http://www.compo-expert.es/productos/granulados/blaukornr/blaukornr-classic.html>
- FAO. (2014). *Medios y Tecnicas de produccion* .
- FERMAGRI. (16 de Diciembre de 2015). *FERMAGRI* . Obtenido de [http://www.fermagri.com/Fichas/Edaficos/Fosforo/Fosfato_Diamonico_\(DAP\).pdf](http://www.fermagri.com/Fichas/Edaficos/Fosforo/Fosfato_Diamonico_(DAP).pdf)

- FERTISA. (15 de Diciembre de 2015). *FERRTISA* . Obtenido de <http://www.fertisa.com/producto.php?id=173>
- Figueroa, M., & Lupi, A. (2011). *Características y Fertilización del Cultivo de Banano*.
- Figueroa, M., & Lupi, A. (2016). *Características y fertilización del cultivo de banano*. Costa Rica.
- Gaibort, L., & Bolívar, C. (2011). Comparación de cuatro formulaciones de bokashi, en la adaptación de vitroplantas de banano en invernadero y umbráculo. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14589>.
- García, M. (2006). *Comportamiento agronomico con las practicas de deshije y sin deshije en vitroplantas de Platano (Musa spp) y el estudio de coorelaciones linelaes entre caracteres para faciitar la seleccion temparana de plantas con buen rendimiento*. Nicaragua.
- GONZALES, A. U. (2014). *ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS ALTERNATIVAS NUTRICIONALES INYECTADAS EN PLANTAS DE BANANO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS*. GUAYAQUIL .
- Hurtado, D., & Merino, M. (1987). *Cultivo de tejidos vegetales* . Editorial Trillas. pp: 154-156.
- INIAP. (2012). *BANANO PLATANO Y OTRAS MUSACEAS*. LOJA.
- INIBAP. (1998). *Producción de banano orgánico*. GUACIMO, COSTA RICA.
- INIBAP. (2000). *Annual Report. Risks involved in the transfer of banana and plantain germplasm*. Montpellier.
- INTA. (2005). *Ficha del cultivo de banano*.
- Korneva, S., Flores, J., Santos, E., Piña, F., & Mendoza, J. (2013). Regeneración de plantas de plátano 'Barraganate' a partir de embriones somáticos mediante el uso de un sistema de inmersión temporal. *SciELO*.
- KRESS, W. (1999). *The phylogeny and classification of the Zingiberales*. *Annual of the Missouri Botanical Garden*.
- LEON, J. (2000). *BOTANICA DE LOS CULTIVOS TROPICALES*. IICA/CATIE, COSTA RICA .
- Lopez, A., & Espinoza, J. (1995). *Manual de nutrición y fertilización del Banano*. Costa Rica.
- Martínez, F., Sigcha, L., Toaquiza, J., & Ramos, L. (2013). *Alternativas para la Propagación in vitro de Plátano variedad Maqueño (Musa balbisiana AAB)*. Quevedo.
- Maza, J. (2014). *Efecto de diferentes tipos de sustratos en la aclimatación del Anturio (Anthurium andreaeanum) en vivero*. Machala.
- Moreira, B. (2015). *Efecto de la diversidad intraespecífica en el cultivo de Musáceas como medida de control de sus problemas fitosanitarios*. Los Ríos, Ecuador.
- OCHSE, J. S. (13 de ABRIL de 2005). *Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales (Vol. II)*. Mexico: Limusa. Recuperado el 30 de OCTUBRE de 2015

- Ortega, N., Korneva, S., O, R., Santos, E., & Peralta, E. (2011). *Obtencion de Multimeristemas y callos de diferentes variedades de Banano y Platano (Musa spp) a partir de ^Meristemas Apicales ^y ^Scalps^*. Centro de Investigaciones Biotecnologicas del Ecuador, Escuela Superior Politecnica del Litoral , Guayaquil.
- Ortiz, R. (2000). *El cultivo de Banano*. San Jose, Costa Rica: EUNED.
- Perez, J. (1998). *Propagacion y Mejora Genetica de Plantas por Biotecnologia* (Vol. I). (Y. Alvarado, R. Gomez, E. Jimenez, & P. Orellana, Edits.) GEO.
- Perez, L., Agüero, R., & Guzman, M. (1998). *Crecimiento y rendimiento de Banano (Musa AAA) bajo fertilizacion mineral*. Costa Rica.
- Pineda, & Carrasco. (2000). *Enfermedades Fúngicas*.
- Ramon, M., Enriquez, J., & Velasco, V. (2010). *Efecto del sustrato y fertiriego en el crecimiento inicial de vitroplantas de Musa sp.cv. Roatan*. Mexico.
- ROBINSON, J. (1996). *Banana and Plantains*. United Kingdom.
- Roca, W., & Mroginski, L. (2010). *Cultivo de tejidos en la agricultura: aplicacion y fundamentos*.
- Rojas, L., & Juan, R. (2011). *Fertilizacion y Manejo integrado de Plagas y enfermedades en el cultivo de Banano organico*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Tumbes.
- Román, M., Alonso, M., González, C., Xiqués, X., & Sánchez, I. (2001). *Estudios citogenéticos y genético bioquímico en cultivares de plátano fruta (Musa ssp)*. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales, Facultad de Biología, Universidad de la Habana, Cuba.
- Sandoval, J. (2008). *Micropropagacion de Platano y Banano (Musa AAB, AAA), en el CATIE*.
- SICA, S. d. (2009). http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_productos/pdf. Recuperado el 30 de Octubre de 2015
- SOTO, M. (2004). *Bananos, Cultivo y Comercializacion* (Segunda ed.). Costa Rica: Editorial LIL, S.A.
- Tisdale, S., & Nelson, W. (2010). *Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes*. (J. Balasch, Trad.) Mexico.
- UNAD, U. N. (2 de Diciembre de 2014). Recuperado el 7 de Septiembre de 2015, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201529/Exe_201529/Protocolo_y_modulo/leccin_23_micropropagacin.html
- Valerin, A. (2011). *Acimatacion de plantas producidas in vitro*.
- Vera, R. (2014). *Respuesta de vitroplantas de Banano(Musa spp) variedad Valery en la Fase de Acimatacion de Vivero en diferentes sustratos*. Machala.
- Villatoro, M., & Carrillo, A. (2004). *EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS EN LA ACLIMATACIÓN DE VITRO-PLANTAS*. GUATEMALA.

9. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de toma de datos para la fase de aclimatación

Nº de planta	Código de planta	Tratamiento	Repetición	Sobrevivencia	Altura de planta	Longitud de raíces	Numero de hojas	Numero de raíces

Nota: Los parámetros: número de raíces y longitud de raíces será tomados al inicio de la siembra y en el trasplante final.

Anexo 2. Tabla de toma de datos para la fase de siembra en campo

Nº de planta	Código de planta	Tratamiento	Repetición	Sobrevivencia	Altura de planta	Numero de hojas	Diámetro del pseudotallo

Anexo 3. Tabla de datos final de la fase aclimatación de vitroplantas de Banano (*Musa spp. var. Cavendish*)

N° de planta	Código de planta	Tratamiento	Repetición	Sobrevivencia	Altura	Longitud de raíces	Número de hojas	Número de raíces
1	Tur 1	TURBA 100%	1		11	15	6	15
2	Tur 2	TURBA 100%	1		11	14	7	17
3	Tur 3	TURBA 100%	1		11,8	14	6	20
4	Tur 4	TURBA 100%	1		9	14	7	12
5	Tur 5	TURBA 100%	1		11	14	7	16
6	Tur 6	TURBA 100%	1		11	14	6	16
7	Tur 7	TURBA 100%	1		10,5	16	7	16
8	Tur 8	TURBA 100%	1		10	16	8	20
9	Tur 9	TURBA 100%	1		10	16	7	20
10	Tur 10	TURBA 100%	1		10	16	7	20
11	Tur 11	TURBA 100%	2		11	16	7	20
12	Tur 12	TURBA 100%	2		10	16	5	19
13	Tur 13	TURBA 100%	2		11	15	6	15
14	Tur 14	TURBA 100%	2		11	14	7	17
15	Tur 15	TURBA 100%	2		11,8	14	6	20
16	Tur 16	TURBA 100%	2		9	14	7	12
17	Tur 17	TURBA 100%	2		11	14	7	16
18	Tur 18	TURBA 100%	2		11	14	6	16
19	Tur 19	TURBA 100%	2		10,5	16	7	16
20	Tur 20	TURBA 100%	2		10	16	8	20
21	Tur 21	TURBA 100%	3		10	16	7	20
22	Tur 22	TURBA 100%	3		10	16	7	20
23	Tur 23	TURBA 100%	3		11	16	7	20
24	Tur 24	TURBA 100%	3		10	16	5	19
25	Tur 25	TURBA 100%	3		11	15	6	15
26	Tur 26	TURBA 100%	3		11	14	7	17
27	Tur 27	TURBA 100%	3		11,7	14	6	20
28	Tur 28	TURBA 100%	3		9	14	7	12
29	Tur 29	TURBA 100%	3		11	14	7	16
30	Tur 30	TURBA 100%	3		11	14	6	16
31	Tur 31	TURBA 100%	4		10,3	16	7	16
32	Tur 32	TURBA 100%	4		10	16	8	20
33	Tur 33	TURBA 100%	4		10	16	7	20

34	Tur 34	TURBA 100%	4		10	16	7	20
35	Tur 35	TURBA 100%	4		11	16	7	20
36	Tur 36	TURBA 100%	4		10	16	5	19
37	Tur 37	TURBA 100%	4		11	15	6	16
38	Tur 38	TURBA 100%	4		11	15	6	16
39	Tur 39	TURBA 100%	4		10	14	7	17
40	Tur 40	TURBA 100%	4		11	15	7	17
41	Tur +tie 1	TURBA+ TIERRA	1		8,1	12	5	14
42	Tur +tie 2	TURBA+ TIERRA	1		8,3	12	6	14
43	Tur +tie 3	TURBA+ TIERRA	1		8,7	13	5	15
44	Tur +tie 4	TURBA+ TIERRA	1		7,9	10	5	14
45	Tur +tie 5	TURBA+ TIERRA	1		7,4	11	7	12
46	Tur +tie 6	TURBA+ TIERRA	1		9,3	12	7	15
47	Tur +tie 7	TURBA+ TIERRA	1		9,5	10	7	15
48	Tur +tie 8	TURBA+ TIERRA	1		7,5	11	6	14
49	Tur +tie 9	TURBA+ TIERRA	1		8,8	12	5	14
50	Tur +tie 10	TURBA+ TIERRA	1		9,6	10	7	14
51	Tur +tie 11	TURBA+ TIERRA	2		7,4	10	5	14
52	Tur +tie 12	TURBA+ TIERRA	2		9,1	13	6	14
53	Tur +tie 13	TURBA+ TIERRA	2		8,1	12	5	14
54	Tur +tie 14	TURBA+ TIERRA	2		8,3	12	6	14
55	Tur +tie 15	TURBA+ TIERRA	2		8,7	13	5	15
56	Tur +tie 16	TURBA+ TIERRA	2		7,9	10	5	14

57	Tur +tie 17	TURBA+ TIERRA	2		7,4	11	7	12
58	Tur +tie 18	TURBA+ TIERRA	2		9,3	12	7	15
59	Tur +tie 19	TURBA+ TIERRA	2		9,5	10	7	15
60	Tur +tie 20	TURBA+ TIERRA	2		7,5	11	6	14
61	Tur +tie 21	TURBA+ TIERRA	3		8,8	12	5	14
62	Tur +tie 22	TURBA+ TIERRA	3		9,6	10	7	14
63	Tur +tie 23	TURBA+ TIERRA	3		7,4	10	5	14
64	Tur +tie 24	TURBA+ TIERRA	3		9,1	13	6	14
65	Tur +tie 25	TURBA+ TIERRA	3		8,1	12	5	14
66	Tur +tie 26	TURBA+ TIERRA	3		8,3	12	6	14
67	Tur +tie 27	TURBA+ TIERRA	3		8,7	13	5	15
68	Tur +tie 28	TURBA+ TIERRA	3		7,9	10	5	14
69	Tur +tie 29	TURBA+ TIERRA	3		7,4	11	7	12
70	Tur +tie 30	TURBA+ TIERRA	3		9,3	12	7	15
71	Tur +tie 31	TURBA+ TIERRA	4		9,5	10	7	15
72	Tur +tie 32	TURBA+ TIERRA	4		7,5	11	6	14

73	Tur +tie 33	TURBA+ TIERRA	4		8,8	12	5	14
74	Tur +tie 34	TURBA+ TIERRA	4		9,6	10	7	14
75	Tur +tie 35	TURBA+ TIERRA	4		7,4	10	5	14
76	Tur +tie 36	TURBA+ TIERRA	4		9,1	13	6	14
77	Tur +tie 37	TURBA+ TIERRA	4		8,1	12	7	14
78	Tur +tie 38	TURBA+ TIERRA	4		8,4	12	7	15
79	Tur +tie 39	TURBA+ TIERRA	4		8,4	12	6	14
80	Tur +tie 40	TURBA+ TIERRA	4		8,2	12	7	14
81	Tur + tie+are 1	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		6,7	10	4	13
82	Tur + tie+are 2	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		7,1	11	5	12
83	Tur + tie+are 3	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		9,2	10	5	15
84	Tur + tie+are 4	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		8,2	10	5	13
85	Tur + tie+are 5	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		7,4	11	4	13
86	Tur + tie+are 6	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		7,7	10	5	13
87	Tur + tie+are 7	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		7,9	10	5	12
88	Tur + tie+are 8	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		8,9	10	6	15

89	Tur + tie+are 9	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		8,2	10	5	15
90	Tur + tie+are 10	TURBA+ TIERRA +ARENA	1		8,4	11	6	11
91	Tur + tie+are 11	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		8,6	10	4	11
92	Tur + tie+are 12	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		8,8	10	5	11
93	Tur + tie+are 13	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		6,7	10	4	13
94	Tur + tie+are 14	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		7,1	11	5	12
95	Tur + tie+are 15	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		9,2	10	5	15
96	Tur + tie+are 16	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		8,2	10	5	13
97	Tur + tie+are 17	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		7,4	11	4	13
98	Tur + tie+are 18	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		7,7	10	5	13
99	Tur + tie+are 19	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		7,9	10	5	12
100	Tur + tie+are 20	TURBA+ TIERRA +ARENA	2		8,9	10	6	15
101	Tur + tie+are 21	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		8,2	10	5	15
102	Tur + tie+are 22	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		8,4	11	6	11
103	Tur + tie+are 23	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		8,6	10	4	11
104	Tur + tie+are 24	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		8,8	10	5	11

105	Tur + tie+are 25	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		6,7	10	4	13
106	Tur + tie+are 26	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		7,1	11	5	12
107	Tur + tie+are 27	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		9,2	10	5	15
108	Tur + tie+are 28	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		8,2	10	5	13
109	Tur + tie+are 29	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		7,4	11	4	13
110	Tur + tie+are 30	TURBA+ TIERRA +ARENA	3		7,7	10	5	13
111	Tur + tie+are 31	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		7,9	10	5	12
112	Tur + tie+are 32	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,9	10	6	15
113	Tur + tie+are 33	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,2	10	5	15
114	Tur + tie+are 34	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,4	11	6	11
115	Tur + tie+are 35	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,6	10	4	11
116	Tur + tie+are 36	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,8	10	5	11
117	Tur + tie+are 37	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,5	10	6	15
118	Tur + tie+are 38	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,8	10	5	15
119	Tur + tie+are 39	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,6	10	6	14
120	Tur + tie+are 40	TURBA+ TIERRA +ARENA	4		8,5	10	6	15

Anexo 4. Análisis estadístico para al altura en vitroplantas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish) en la fase de aclimatación

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV	
Altura de vitroplanta	120	0,69	0,68	8,09	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	136,72	5	27,34	51,11	< 0,0001
Tratamiento	136,26	2	68,13	127,34	< 0,0001
Repetición	0,46	3	0,15	0,29	0,8341
Error	60,99	114	0,54		
Total	197,71	119			
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error: 0,5350	gl:114				
Tratamiento	Medias	N		EE	
TURBA 100%	10,54	40		0,12	A
TURBA+TIERRA	8,45	40		0,12	B
TURBA+TIERRA+ARENA	8,14	40		0,12	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Anexo 5. Análisis estadístico para el numero de hojas en vitroplantas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish) en la fase de aclimatación

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV	
Numero de Hojas	120	0,47	0,45	12,91	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	58,63	5	11,73	20,34	< 0,0001
Tratamiento	55,27	2	27,63	47,92	< 0,0001
Repetición	3,37	3	1,12	1,95	0,1261
Error	65,73	114	0,58		
Total	124,37	119			
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error: 0,5766	gl:114				
Tratamiento	Medias	N		EE	
TURBA 100%	6,65	40		0,12	A
TURBA+TIERRA	6,00	40		0,12	B
TURBA+TIERRA+ARENA	5,00	40		0,12	C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Anexo 6. Análisis estadístico para el número de raíces en vitroplantas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish) en la fase de aclimatación

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV	
Numero de Raíces	120	0,56	0,54	11,66	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	437,12	5	87,42	29,08	< 0,0001
Tratamiento	431,32	2	215,66	71,73	< 0,0001
Repetición	5,80	3	1,93	0,64	0,5889
Error	342,75	114	3,01		
Total	779,87	119			
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error: 0,5766	gl:114				
Tratamiento	Medias	N		EE	
TURBA 100%	17,48	40		0,27	A
TURBA+TIERRA	14,10	40		0,27	B
TURBA+TIERRA+ARENA	13,03	40		0,27	C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)					

Anexo 7. Análisis estadístico para la longitud de raíces en vitroplantas de Banano (*Musa spp.* var. Cavendish) en la fase de aclimatación

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV	
Numero de Raíces	120	0,86	0,85	7,10	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	507,01	5	101,40	134,55	< 0,0001
Tratamiento	506,45	2	253,23	336,00	< 0,0001
Repetición	0,56	3	0,19	0,25	0,8634
Error	85,92	114	0,75		
Total	592,93	119			
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error: 0,5766	gl:114				
Tratamiento	Medias	N		EE	
TURBA 100%	15,05	40		0,14	A
TURBA+TIERRA	11,40	40		0,14	B
TURBA+TIERRA+ARENA	10,23	40		0,14	C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)					

Anexo 8. Tabla de datos final de la fase de campo de vitroplantas de Banano (*Musa spp. var. Cavendish*)

N°planta	código de planta	tratamiento	repetición	altura en (cm)	diámetro en (cm)	numero de hojas	superficie foliar m2/hoja	ancho de hoja	largo de hoja	índice de irregularidad	superficie foliar total
1	TT1	1	1	110	7,6	9	0,22	0,8	0,35	0,8	2,016
2	TT2	1	1	108	7,2	9	0,22	0,78	0,35	0,8	1,9656
3	TT3	1	1	105	7,2	9	0,22	0,77	0,35	0,8	1,9404
4	TT4	1	1	105	7,2	9	0,21	0,76	0,35	0,8	1,9152
5	TT5	1	1	100	6,5	9	0,17	0,7	0,3	0,8	1,512
6	TT6	1	1	105	7,2	8	0,22	0,77	0,35	0,8	1,7248
7	TT7	1	1	100	6,5	8	0,17	0,7	0,3	0,8	1,344
8	TT8	1	1	85	5,4	8	0,13	0,65	0,25	0,8	1,04
9	TT9	1	1	105	7,2	8	0,21	0,77	0,34	0,8	1,67552
10	TT10	1	1	107	7,2	8	0,21	0,78	0,33	0,8	1,64736
11	TT11	1	2	108	7,2	9	0,22	0,77	0,36	0,8	1,99584
12	TT12	1	2	106	7,2	8	0,17	0,7	0,3	0,8	1,344
13	TT13	1	2	85	5,4	9	0,17	0,67	0,32	0,8	1,54368
14	TT14	1	2							0,8	0
15	TT15	1	2	86	5,5	8	0,17	0,66	0,33	0,8	1,39392
16	TT16	1	2	100	6,5	8	0,18	0,7	0,33	0,8	1,4784
17	TT17	1	2	87	5,6	8	0,16	0,66	0,3	0,8	1,2672
18	TT18	1	2							0,8	0
19	TT19	1	2	110	7,6	8	0,22	0,8	0,35	0,8	1,792
20	TT20	1	2	100	6,5	9	0,18	0,72	0,32	0,8	1,65888
21	TT21	1	3	100	6,5	9	0,18	0,7	0,32	0,8	1,6128
22	TT22	1	3	110	7,6	9	0,22	0,8	0,35	0,8	2,016
23	TT23	1	3							0,8	0
24	TT24	1	3	100	6,5	8	0,17	0,72	0,3	0,8	1,3824
25	TT25	1	3							0,8	0
26	TT26	1	3	100	6,5	8	0,17	0,72	0,3	0,8	1,3824
27	TT27	1	3							0,8	0
28	TT28	1	3	102	6,8	8	0,18	0,72	0,31	0,8	1,42848
29	TT29	1	3	102	6,8	8	0,17	0,7	0,31	0,8	1,3888
30	TT30	1	3	105	7,2	8	0,19	0,72	0,33	0,8	1,52064
31	FP1	2	1	100	6,4	8	0,16	0,66	0,3	0,8	1,2672
32	FP2	2	1	100	6,4	8	0,16	0,67	0,3	0,8	1,2864
33	FP3	2	1	100	6,4	9	0,15	0,66	0,28	0,8	1,33056
34	FP4	2	1	100	6,4	10	0,15	0,65	0,28	0,8	1,456
35	FP5	2	1	100	6,4	6	0,14	0,65	0,27	0,8	0,8424
36	FP6	2	1	98	6,2	6	0,13	0,6	0,27	0,8	0,7776
37	FP7	2	1	83	5,2	6	0,12	0,6	0,25	0,8	0,72

38	FP8	2	1	97	6	7	0,16	0,65	0,3	0,8	1,092
39	FP9	2	1	96	6	7	0,16	0,65	0,3	0,8	1,092
40	FP10	2	1	98	6	8	0,17	0,65	0,33	0,8	1,3728
41	FP11	2	2	83	5,2	7	0,14	0,6	0,3	0,8	1,008
42	FP12	2	2	93	6	8	0,17	0,65	0,33	0,8	1,3728
43	FP13	2	2	95	6	7	0,16	0,65	0,3	0,8	1,092
44	FP14	2	2	88	5,5	7	0,12	0,6	0,26	0,8	0,8736
45	FP15	2	2	88	5,5	8	0,12	0,6	0,26	0,8	0,9984
46	FP16	2	2	88	5,5	7	0,12	0,6	0,25	0,8	0,84
47	FP17	2	2	93	6	7	0,16	0,65	0,3	0,8	1,092
48	FP18	2	2	80	5,2	7	0,12	0,6	0,25	0,8	0,84
49	FP19	2	2	80	5,2	7	0,12	0,6	0,25	0,8	0,84
50	FP20	2	2	80	5,2	7	0,12	0,6	0,25	0,8	0,84
51	FP21	2	3	95	6	8	0,16	0,66	0,31	0,8	1,30944
52	FP22	2	3	80	5,2	9	0,12	0,6	0,25	0,8	1,08
53	FP23	2	3	96	6	8	0,13	0,62	0,27	0,8	1,07136
54	FP24	2	3	83	5,2	8	0,12	0,6	0,26	0,8	0,9984
55	FP25	2	3	94	6	7	0,16	0,65	0,3	0,8	1,092
56	FP26	2	3	90	5,7	8	0,17	0,66	0,32	0,8	1,35168
57	FP27	2	3	85	5,2	7	0,12	0,6	0,26	0,8	0,8736
58	FP28	2	3	80	5,2	7	0,12	0,6	0,25	0,8	0,84
59	FP29	2	3	100	6,4	7	0,16	0,66	0,3	0,8	1,1088
60	FP30	2	3							0,8	0
61	T3-1	3	1	106	7	9	0,20	0,75	0,33	0,8	1,782
62	T3-2	3	1	98	6,5	9	0,16	0,68	0,3	0,8	1,4688
63	T3-3	3	1							0,8	0
64	T3-4	3	1	100	6,8	8	0,16	0,68	0,3	0,8	1,3056
65	T3-5	3	1	91	6	9	0,16	0,65	0,3	0,8	1,404
66	T3-6	3	1	90	6	8	0,16	0,64	0,31	0,8	1,26976
67	T3-7	3	1	105	7	9	0,19	0,75	0,32	0,8	1,728
68	T3-8	3	1	94	6,4	10	0,16	0,65	0,3	0,8	1,56
69	T3-9	3	1	96	6,4	8	0,16	0,65	0,3	0,8	1,248
70	T3-10	3	1	94	6,4	9	0,16	0,65	0,3	0,8	1,404
71	T3-11	3	2	91	6,4	9	0,16	0,65	0,3	0,8	1,404
72	T3-12	3	2	92	6,4	10	0,16	0,65	0,3	0,8	1,56
73	T3-13	3	2	88	6,4	7	0,16	0,65	0,3	0,8	1,092
74	T3-14	3	2	94	6,4	7	0,16	0,65	0,3	0,8	1,092
75	T3-15	3	2	104	7	10	0,20	0,75	0,33	0,8	1,98
76	T3-16	3	2	90	6,5	10	0,16	0,65	0,3	0,8	1,56
77	T3-17	3	2							0,8	0
78	T3-18	3	2	90	6,5	8	0,16	0,65	0,3	0,8	1,248

79	T3-19	3	2	94	6,4	7	0,16	0,65	0,3	0,8	1,092
80	T3-20	3	2	95	6,4	8	0,16	0,65	0,31	0,8	1,2896
81	T3-21	3	3	99	6,8	8	0,17	0,67	0,32	0,8	1,37216
82	T3-22	3	3	99	6,8	8	0,16	0,67	0,3	0,8	1,2864
83	T3-23	3	3	99	6,8	8	0,16	0,67	0,3	0,8	1,2864
84	T3-24	3	3	81	5,4	9	0,15	0,65	0,28	0,8	1,3104
85	T3-25	3	3	80	5,5	7	0,15	0,65	0,28	0,8	1,0192
86	T3-26	3	3	81	5,5	7	0,15	0,65	0,28	0,8	1,0192
87	T3-27	3	3	99	6,8	9	0,16	0,67	0,3	0,8	1,4472
88	T3-28	3	3	100	6,8	9	0,16	0,68	0,3	0,8	1,4688
89	T3-29	3	3	100	6,8	8	0,16	0,68	0,3	0,8	1,3056
90	T3-30	3	3	95	6,4	9	0,16	0,65	0,3	0,8	1,404
91	BC1	4	1	105	7,6	10	0,20	0,77	0,33	0,8	2,0328
92	BC2	4	1	101	7	10	0,20	0,77	0,33	0,8	2,0328
93	BC3	4	1	105	7,6	9	0,20	0,77	0,33	0,8	1,82952
94	BC4	4	1	106	7,6	9	0,20	0,77	0,33	0,8	1,82952
95	BC5	4	1	115	8	11	0,25	0,85	0,37	0,8	2,7676
96	BC6	4	1	115	8	10	0,25	0,85	0,37	0,8	2,516
97	BC7	4	1	115	7,6	10	0,25	0,85	0,37	0,8	2,516
98	BC8	4	1	105	7,6	11	0,20	0,77	0,33	0,8	2,23608
99	BC9	4	1	100	7	9	0,19	0,76	0,32	0,8	1,75104
100	BC10	4	1	100	7	9	0,19	0,76	0,32	0,8	1,75104
101	BC11	4	2	101	7	10	0,19	0,76	0,32	0,8	1,9456
102	BC12	4	2	100	7	10	0,19	0,76	0,32	0,8	1,9456
103	BC13	4	2	95	7	9	0,18	0,72	0,31	0,8	1,60704
104	BC14	4	2	98	7	10	0,18	0,72	0,31	0,8	1,7856
105	BC15	4	2	98	7	10	0,18	0,72	0,31	0,8	1,7856
106	BC16	4	2	105	7,5	10	0,20	0,77	0,33	0,8	2,0328
107	BC17	4	2	103	7,5	11	0,20	0,77	0,33	0,8	2,23608
108	BC18	4	2	98	7	12	0,20	0,75	0,33	0,8	2,376
109	BC19	4	2	95	7	9	0,20	0,75	0,33	0,8	1,782
110	BC20	4	2	110	7,6	11	0,23	0,83	0,35	0,8	2,5564
111	BC21	4	3	95	7	10	0,18	0,74	0,31	0,8	1,8352
112	BC22	4	3	98	7	10	0,18	0,74	0,31	0,8	1,8352
113	BC23	4	3	111	7,6	10	0,22	0,8	0,34	0,8	2,176
114	BC24	4	3	93	7	9	0,16	0,68	0,3	0,8	1,4688
115	BC25	4	3	105	7,6	10	0,19	0,77	0,31	0,8	1,9096
116	BC26	4	3	110	7	10	0,23	0,83	0,35	0,8	2,324
117	BC27	4	3	98	7	9	0,18	0,75	0,3	0,8	1,62
118	BC28	4	3	95	7	9	0,18	0,75	0,3	0,8	1,62
119	BC29	4	3	95	7	9	0,18	0,75	0,3	0,8	1,62

120	BC30	4	3	107	7,6	11	0,20	0,77	0,32	0,8	2,16832
-----	------	---	---	-----	-----	----	------	------	------	-----	---------

Anexo 9. Análisis estadístico para la altura en plántulas de Banano (*Musa spp. var. Cavendish*) en la fase de campo

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV	
Altura de Plántulas (cm)	120	0,12	0,08	27,13	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	9459,55	5	1891,91	3,12	< 0,0001
Tratamiento	5822,00	3	1940,67	3,20	< 0,0001
Repetición	3637,55	2	1818,78	3,00	0,0539
Error	69199,65	114	607,01		
Total	78659,20	119			
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error:607,0145	gl:114				
Tratamiento	Medias	N		EE	
BLAUK.CLASS	102,57	30		4,50	A
FOFSA.DIAM	88,17	30		4,50	B
FERTIBA.PLUS	88,10	30		4,50	B
TESTIGO	84,37	30		4,50	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Anexo 10. Análisis estadístico para el numero de hojas en plántulas de Banano (*Musa spp. var. Cavendish*) en la fase de campo.

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV	
Numero de Hojas	120	0,24	0,21	27,25	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	170,15	5	34,03	7,16	< 0,0001
Tratamiento	157,80	3	52,60	11,07	< 0,0001
Repetición	12,35	2	6,18	1,30	0,0539
Error	541,85	114	4,75		
Total	712,00	119			
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error:4,7531	gl:114				
Tratamiento	Medias	N		EE	
BLAUK.CLASS	9,90	30		0,40	A
FOFSA.DIAM	7,90	30		0,40	B
FERTIBA.PLUS	7,20	30		0,40	B
TESTIGO	7,00	30		0,40	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Anexo 11. Análisis estadístico para el diámetro del pseudotallo en plántulas de Banano (*Musa spp. var. Cavendish*) en la fase de campo.

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV	
Diámetro del pseudotallo (cm)	120	0,18	0,15	26,98	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	70,43	5	14,09	5,16	< 0,0001
Tratamiento	56,72	3	18,91	6,92	< 0,0001
Repetición	13,72	2	6,86	2,51	0,0539
Error	311,30	114	2,73		
Total	381,73	119			
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error:2,7307	gl:114				
Tratamiento	Medias	N		EE	
BLAUK.CLASS	7,28	30		0,40	A
FOSFA.DIAM	6,02	30		0,40	B
FERTIBA.PLUS	5,62	30		0,40	B
TESTIGO	5,59	30		0,40	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Anexo 12. Análisis estadístico para la superficie foliar en plántulas de Banano (*Musa spp. var. Cavendish*) en la fase de campo.

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV	
Superficie foliar (m)	120	0,44	0,42	30,63	
F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	16,99	5	3,40	18,25	< 0,0001
Tratamiento	15,50	3	5,17	27,75	< 0,0001
Repetición	1,49	2	0,74	4,00	0,0210
Error	21,23	114	0,19		
Total	38,22	119			
TEST: DUNCAN ALFA=0,05					
Error:0,1862	gl:114				
Tratamiento	Medias	N		EE	
BLAUK.CLASS	2,00	30		0,08	A
FOSFA.DIAM	1,33	30		0,08	B
FERTIBA.PLUS	1,28	30		0,08	B
TESTIGO	1,03	30		0,08	C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					