



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACION

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Caracterización de los sistemas de propagación en laboratorio del cultivo de banano (Musa AAA)”

AUTOR:

Adolfo Patricio Santana Pérez

TUTOR:

Ing. Agr. Xavier Alberto Gutiérrez Mora, MBA.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

Se realiza una investigación de revisión que argumenta la importancia de los sistemas de producción en banano; incluyendo sus diversos tipos de propagación, es decir, principalmente rizomas e hijos, aún utilizadas en plantaciones establecidas en su mayoría en países que se dedican al consumo local e incluso en plantaciones familiares, y también mediante la técnica in vitro, la cual es aplicada de forma moderna en bananos dedicados a la exportación. Este trabajo se inicia con una descripción referente a las estructuras fenológicas y fenométricas, una corta caracterización de las formas de propagación a la que se continúan dos importantes apartados, los cuales son: Micropropagación y propagación tradicional. El primer apartado consiste en la propagación mediante organogénesis, a través de la micropropagación tradicional por medios semisólidos y con mayor tecnología por birreactores y la embriogénesis somática. Hoy en día se debate en profundidad los medios de cultivo requeridos durante las diversas fases de disseminación in vitro y se culmina incluyendo factores de endurecimiento, también como la aclimatación y finalmente el trasplante al campo definitivo de las plántulas que fueron propagadas por cultivos de tejido.

Palabras claves: banano, plantas, propagación, siembra, sistemas de producción

SUMMARY

A review investigation is conducted that argues the importance of banana production systems; including its various types of propagation, that is, mainly rhizomes and children, still used in plantations mostly established in countries that are dedicated to local consumption and even in family plantations, and also through the in vitro technique, which is applied in modern way in exported bananas. This work begins with a description referring to the phenological and pheometric structures, a short characterization of the forms of propagation to which two important sections are continued, which are: Micropropagation and traditional propagation. The first section consists of the propagation by organogenic, through traditional micropropagation by semi-solid means and with greater technology by bioreactors and somatic embryogenesis. Today the culture media required during the various phases of in vitro dissemination are discussed in depth and culminated including hardening factors, as well as acclimatization and finally the transplantation to the definitive field of seedlings that were propagated by tissue cultures.

Keywords: banana, plants, propagation, sowing, production systems

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1 Definición del tema caso de estudio	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5. Fundamentación teórica	4
1.5.1 Sistemas de producción del banano en cuanto a su propagación	4
1.5.2 Sistema de propagación tradicional	4
1.5.3 Micropropagacion en el sistema de producción del banano	5
1.5.4 Medios de cultivo	5
1.5.4.1 Tipos de medios de cultivo.....	6
1.5.4.2 Medios de cultivo para cultivo in vitro.....	6
1.5.5 Los sistemas de producción en su relación con el efecto de los tipos de luz sobre el desarrollo de las plantas in vitro	8
1.5.6 Propagación por organogénesis	9
a) Fase 0 o Fase preparatoria.....	9
b) Fase I o Fase de establecimiento.....	9
c) Fase II o Fase de multiplicación.....	10
d) Fase III o Fase de enraizamiento.....	10
e) Fase IV o de aclimatación.....	10
1.5.7 Micropropagación aplicado en biorreactores	11
1.5.8 Propagación por embriogénesis somática	12
1.5.9 Plantación en campo	12
1.6 Hipótesis	13
1.7 Metodología de la investigación	13
CAPÍTULO II	14
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.1. Desarrollo del caso	14

2.2 Situaciones detectadas (Hallazgo)	15
2.3. Soluciones planteadas	15
2.4 Conclusiones	16
2.5 Recomendaciones	16
BIBLIOGRAFÍA	18

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano es profundo y al hacerse referencia a los sistemas de producción para su análisis se lo debe hacer desde antes de la siembra por lo tanto se lo puede agrupar en dos diferentes tipos, es decir: el tradicional (específicamente hijuelos o hijos y rizomas o partes vegetativas) y a la vez cultivo in vitro (Afreeen 2006).

El material que comúnmente se aplica se lo llama como "tradicional" y es normalmente usado en plantaciones para tipo familiar o a su vez en aquellas plantaciones sembradas en gran número de países de clima tropical dirigidas al consumo local. En plantaciones de tipo comercial son destinadas para la exportación a nivel mundial poseyendo cultivos del subgrupo Cavendish y en forma general en aquellas plantaciones bananeras de otros cultivares se usan exclusivamente plantas de origen con la técnica de propagación por cultivo de tejidos (cultivo in vitro) (Albany 2005).

Vale indicar, que las plantaciones de banano originarias de la técnica de cultivo in vitro se aplican comercialmente a manera de material para plantación en varios países desde el año 1985 pero de forma general y a manera muy particular en los cultivares de banano en los países mediterráneos y subtropicales. Los altos costos de laboratorios con especialidad en el área, estructuras de endurecimiento del material previo a la plantación, la urgencia de cuidados extras y finalmente en el establecimiento de las plantas en el campo y la presencia de variables somaclonales son tal vez la causa de que su aplicación no se haya fomentado de forma generalizada completamente a todos los países de Latinoamérica y del Sur-este de Asia pero es necesario indicar que su utilización es más y más frecuente (Alvard 1993).

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1 Definición del tema caso de estudio

La finalidad de la presente revisión bibliográfica es la de recopilar y organizar informaciones o datos agrotécnicos referentes a la Caracterización de los sistemas de propagación en el cultivo de banano, que permita analizar métodos para lograr óptimos resultados en cuanto a la reproducción vegetativa del mismo.

1.2 Planteamiento del problema

Por lo general, se puede mencionar que en la mayoría de los países que se dedican a la producción de banano, presentan problemas muy observables, por ello, el primero en notarse es la carga de agrotóxicos aplicados para el control de enfermedades fitopatógenas, esta carga llega al límite de los rangos permitidos, lo cual conlleva a consecuencias negativas para el factor ambiental. La segunda problemática en mención se fundamenta en la injusticia social la cual se relaciona estrechamente con el ámbito laboral, pues esto genera una mala repartición de los beneficios económicos que genera el banano y por ello en la mayoría de las veces se la titula como no sustentable.

Y en el tercer aspecto tanto en Ecuador y a su vez en el resto de países productores de banano, se relaciona a los trabajos que se realizan en los sistemas de propagación, ya que generan efectos perjudiciales en lugares aledaños, pues vale indicar, que la forma de manejo en la mayoría de los casos de tipo convencional de los sistemas de producción dan como consecuencia la aplicación de actividades inadecuadas o en desuso, como en el caso de las prácticas agrotécnicas, promoviendo la acidificación y salidificación de los terrenos y a su vez una alta contaminación del aire por el uso de pesticidas para el control de enfermedades agrícolas. No es un problema actual sino más bien son circunstancias que se

originaron desde hace 3 décadas atrás, cuando los pequeños, medianos y grandes productores dieron la espalda a las compañías multinacionales e hicieron su propio manejo de mercado. Por cual, los sistemas de producción del banano se vieron afectados por motivo de que los productores al tener mayor relación con los demandantes actuaron desde el punto de vista agrícola según sus propios criterios empíricos y semitécnicos sobre el manejo de los sistemas de propagación en los cultivos de banano, haciendo caso omiso a organizaciones ambientales gubernamentales o privadas, provocando un manejo en la mayoría de los casos inadecuado en cuanto a la propagación de los sistemas de producción.

1.3 Justificación

En el Ecuador y a nivel mundial, los sistemas de propagación de banano (*Musa paradisiaca* AAA) dependen de buenas prácticas agrícolas, las cuales se hacen presente desde antes del trasplante del material vegetal en campo, por ello este documento se fundamenta en la caracterización de los sistemas de propagación en el cultivo de banano.

Se fundamenta en los rasgos predominantes en la agricultura antes, durante y después de los albores del siglo XXI pues se refiere a los diferentes sistema de propagación que posee el cultivo de banano en el país, para lo cual se establece una estrategia que valla acorde a las situaciones actuales dirigida hacia la formación y fundamentación de programas sobre el manejo de los sistemas de producción en el cultivo de banano y sus principales afectaciones.

Por lo tanto, en términos de innovación, análisis, observación, etc., mediante este estudio se pretende exponer de manera académica los sistemas de propagación más recomendables para banano, determinando sus metodologías, técnicas y procedimientos, con la finalidad de poder exponer un sistema más sustentable, el mismo que pueda entretejer científicamente los parámetros ambientales, sociales y hasta económicos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Caracterizar los sistemas de propagación del cultivo de banano.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los diferentes sistemas de reproducción en laboratorio para cultivo de banano.
- Identificar el sistema de reproducción más óptimo para la generación de plántulas de banano.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1 Sistemas de producción del banano en cuanto a su propagación

Dentro de un vivero de Musa se debe considerar un suelo totalmente libre de patógenas plagas, usando material vegetativo sano al cual se le debe aplicar riego sanitariamente. Es altamente imprescindible tenerlo en condiciones óptimas a nivel sanitario, es decir, libre de plagas y enfermedades (SUADA 2015).

1.5.2 Sistema de propagación tradicional

El sistema de propagación tradicional se lo realiza principalmente por medio de 'hijos' y material vegetativo de rizoma. El término 'hijo' hace referencia al rizoma que es separado de una planta madre, en el que el punto de crecimiento central da origen a una nueva planta y en donde todas las yemas axilares ya han sido eliminadas. En caso contrario, en cuanto a los pedazos de rizoma el punto central relacionado al crecimiento ya no existe, ya sea por ser el rizoma de una planta ya seleccionada, donde lógicamente ha desaparecido, o porque ha sido eliminado de forma mecánica, haciendo que una yema axilar alcance su desarrollo para dar origen a la nueva planta. Estos aspectos varían en tamaño con una relación muy estrecha a la porción del rizoma que se haya mantenido para facilitar el nuevo crecimiento. El material vegetativo utilizado tradicionalmente en Centro América

consiste en el total de rizoma con o sin hijos y tiene el nombre de 'Cabeza' (Pérez 2012).

Existen tres orígenes para la multiplicación tradicional del material vegetativo de plantación para fines comerciales, así:

- La primera es el establecimiento de un lugar de vivero destinado para la producción del máximo porcentajes de hijos de espada posible por unidad de superficie.
- La segunda posibilidad es la de permitir dentro de una plantación tipo comercial la producción de una cantidad extra de hijos para su final separación cuando se requieran para realizarla plantación.
- La tercera vía es la de obtener hijos y trozos de rizoma de una plantación que esté por eliminarse.

1.5.3 Micropropagación en el sistema de producción del banano

Esta técnica dentro del sistema de producción en banano, es una aplicación estudiada por la biotecnología más especificadas del cultivo in vitro, la cual corresponde a la propagación de plantas en un ambiente artificial en condiciones controladas a través del empleo de un medio de cultivo (Pérez 2013).

Este proceso considera que todas las plantas propagadas tengan las características similares o similares a la planta donante del explante (Georgiev 2014).

Entre los primeros trabajos realizados sobre la multiplicación in vitro del cultivo de banano fueron ejecutados en China y Taiwan a partir de 1970, lo cual en sus inicios fue muy limitado a unos cuantos cultivares correspondientes a Musa AAA, específicamente en los tipos Cavendish (Koffi 2015).

Pero partiendo de los años 80, se realizó la multiplicación mediante la técnica in vitro de un gran grupo de cultivares de Musa de varios grupos genómicos (Korneva 2013).

1.5.4 Medios de cultivo

Como regla general, la compostura básica o elemental de los varios medios de cultivo incluyen varias sales minerales, un suplemento nutricional, una fuente de carbono, la dotación específica de reguladores para el crecimiento que necesite cada ciclo del proceso y método de micropropagación realizado y, en caso necesario, un gel especial que colabore como un soporte físico al material vegetativo en cultivo (PANIGRAHI 2016).

Aisladamente del método de regeneración utilizado para la micropropagación, la aplicación de un medio de cultivo en el estado líquido es objeto de mucha importancia para la mecanización de la propagación in vitro. Su uso nos permite disminuir en lo máximo posible las manipulaciones a realizar, a su vez incrementar coeficientes de multiplicación y también reducir los costos (López 2005).

Su empleo en movimientos mediante la aplicación de birreactores para la propagación mediante organogénica tiene la facultad de generar grandes cantidades de plantas bajo un sistema computarizado que ayude a definir las necesidades para el correcto desarrollo de las células y así asegurar la regeneración de las plantas de una manera más eficaz que las técnicas in vitro convencionales (Mitchel 2015).

1.5.4.1 Tipos de medios de cultivo

Existen varios medios de cultivo dependiendo del tipo de explante, del genotipo, de la finalidad del ensayo, y es por ellos que existen multitud de medios de cultivo, por ejemplo:

- Sólidos y Líquidos.
- Medio definido (sintético) y medio complejo.
- Medio mineral o basal: compuestos inorgánicos.
- Medio mínimo: medio basal + 1 fuente de carbono.
- Medio rico: todos los requerimientos nutritivos.
- Medio de enriquecimiento.
- Medio selectivo. •Medio diferencial.

1.5.4.2 Medios de cultivo para cultivo in vitro

Cultivo in vitro se lo puede definir como el cultivo en condiciones asépticas de plantas o de cualquier parte u órgano de una planta que se denomina explantes en un medio nutritivo adecuado y su finalidad puede ser muy diversa. La obtención de plantas libres de virus, la propagación de plantas a gran escala, rescate de embriones, la obtención de plantas con nuevas características, etc., las plantas o los explantes de cultivos necesitan nutrientes que permitan crecer de manera adecuada en los recipientes que se utilizan en las condiciones de las cámaras de cultivo, la composición de los medios de cultivo va a diferir según la finalidad del mismo, el tipo de explante, del genotipo y es por ellos que existen multitud de medios de cultivo Valdez (2020).

No obstante, todo medio de cultivo requiere de componentes básicos, los cuales son: Sales minerales, azúcar, agua y un agente gelificante cuando es un medio sólido, que son los que se emplean con mayor frecuencia.

Generalmente se utiliza la solución mineral descrita por Murashigue y Skoog que aporta los elementos químicos necesarios para el crecimiento de la planta, la fuente de carbono más utilizada es la sacarosa y como agente gelificante se suele utilizar agar, otros compuestos que se adicionan regularmente son las vitaminas.

SOLUCIÓN MINERAL DE MURASHIGUE Y SKOOG (1962)		MICROELEMENTOS	
MACROELEMENTOS			
CaCl ₂	2.99 mM	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.11 μM
KH ₂ PO ₄	1.25 mM	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.10 μM
KNO ₃	18.79 mM	FeNaEDTA	0.10 mM
MgSO ₄	1.50 mM	H ₃ BO ₃	0.10 mM
NH ₄ NO ₃	20.61 mM	KI	5.00 μM
NaH ₂ PO ₄	-	MnSO ₄ ·H ₂ O	0.10 mM
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	1.03 μM
		ZnSO ₄ ·7H ₂ O	29.91 μM

Tomado: Valdez .E. G. (2020). Semianrio de microbiología. Primer bloque.

La adición de reguladores de crecimiento u hormonas son necesarias para inducir varios procesos, como por ejemplo la formación de nuevos brotes a partir de explantes, de hojas o de cotiledones, los de uso más común son las auxinas y

citoquininas, pudiendo escoger de cada grupo diversos reguladores que difieren en su naturaleza y actividad. También es frecuente en ciertos casos el uso del ácido giberélico y del ácido abscísico, también se puede sumar ciertos aminoácidos como la glicina y también antibióticos como la cefotaxima, entre otras., todos estos compuestos se pueden adicionar en cantidades muy pequeñas VIRESA (2022).



Tomado: Valdez .E. G. (2020). Seminario de microbiología. Primer bloque.

1.5.5 Los sistemas de producción en su relación con el efecto de los tipos de luz sobre el desarrollo de las plantas in vitro

La luminosidad tiene un efecto vital en cuanto al desarrollo foliar de las plántulas alterando características tales como la diferenciación del mesófilo, el espesor de las hojas, desarrollo de las estomas y la división celular (Banerjee 1986).

En cuanto a las condiciones de incubación en su relación con la iluminación intervienen como un papel indispensable en la optimización y reajuste de la propagación de plantas in vitro. La aplicación de lámparas fluorescentes de luminosidad blanca se cita como fuente de luz usada en casi el 90% de las labores de investigación en cultivo de tejidos de plantas (Suada 2015).

En cuanto a la iluminación tipo LED, gran parte de la investigación relacionada a las distintas técnicas del cultivo de tejidos y la micropropagación se ha realizado en especies de tipos ornamentales, siendo por lo general muy limitados los estudios expuestos en el caso de bananos y plátanos. (Nascimento 2015).

Pero se podría decir como norma específica en la horticultura que un aumento de la presencia de luz azul tiene un resultado en el acortamiento del desarrollo en las plantas y como resultado provoca un crecimiento más compactado (Mitchell 2015). Por lo cual esto hace que la aplicación de luz azul sea beneficiosa desde el punto de óptica de la propagación in vitro, particularmente en la multiplicación de bananos y plátanos en los sistemas de cultivo tratándose en un medio líquido, incluyendo además la aplicación de biorreactores, dándose lugar en los que el exceso de crecimiento de los brotes podría suponer una clara limitación (Aragón 2006).

1.5.6 Propagación por organogénesis

Las plantas de banano son generadas a través de la técnica de la organogénesis en cinco etapas muy bien definidas, las cuales son:

a) Fase 0 o Fase preparatoria.

Esta fase consiste en la selección de una planta donadora de explantes y una serie de pretratamientos con medios higiénicos altamente controlados, cuyo fin es el de mejorar la eficacia en cuanto al establecer nuevas plantas. Posee una clara influencia en cuanto a la calidad de las plantas que resultan del proceso, pues desde la óptica sanitaria, fenológica como genética. El material vegetativo que se seleccione para su propagación in vitro debe originarse de plantas con crecimiento robusto y en floración, siempre y cuando sea permitido que la inflorescencia masculina pueda descartar la presencia de enfermedades virales como el Bunchy Top (BBTV) o el virus del mosaico de la bractea (BBrMV), para de esta manera poder garantizar una identidad varietal, e incluso además de estar libre de plagas y enfermedades (Panigrahi 2016). El uso de los brotes originados de secciones de rizomas de pre-germinadores con sustrato estéril y desinfectados con agroquímicos ayuda a la supervivencia in vitro de los ápices en las plántulas y disminuye de esta forma notablemente el número de los ápices contaminados, y también se pueda reducir el tiempo requerido para su establecimiento final (Suada 2015).

b) Fase I o Fase de establecimiento

El objetivo primordial de esta fase es la de lograr el establecimiento definitivo de cultivos axénicos y fenológicamente vigorosos para luego iniciar el ciclo de multiplicación. Una observación vital para considerar en esta fase es el tamaño del explante, así como un factor que tiene influencia en el crecimiento, desinfección y desarrollo del mismo. Cuanto el explante es de menos tamaño hay menos riesgos de contaminación y la regeneración es más difícil, mientras que el explante es más grande significa que es mayor el peligro de contaminación y más rápido el crecimiento de las plantas (Acquarone 1930).

Koffi (2015) Considera 0,6 cm como el tamaño óptimo para el explante y así garantizar un buen proceso de propagación eficaz. Para su ejecución en primer lugar se consideran los materiales que vienen de la fase anterior, y eliminan las estructuras externas del rizoma y de las vainas foliares obteniendo secciones de alrededor de 6 cm de largo por 4 cm de diámetro que conciernan el ápice vegetal y procediendo luego a la desinfección de las plántulas.

c) Fase II o Fase de multiplicación

La finalidad de esta fase es la propagación de propágulos a través de los ápices vegetales in vitro, dependiendo principalmente de la composición del medio de cultivo, del genotipo y del tamaño del explante inicial (Suada 2015). Otro punto importante que es relacionado con los explantes viene dado por la manipulación del mismo, de ello se han escrito 4 procesos para los bananos y plátanos:

d) Fase III o Fase de enraizamiento

Su finalidad es la de preparar los explantes para su adaptación al clima. En este ciclo los brotes que se obtuvieron en la etapa de multiplicación se desarrollan en laboratorio hasta crear plantas enteras con un sistema radical que permita ser trasplantadas a las condiciones de un vivero por 7-10 semanas (Albany 2005).

e) Fase IV o de aclimatación

Durante este proceso la aclimatación de las plantas se la realiza por un tiempo de 8 a 10 meses de gran actividad metabólica en condiciones in vitro.

Se debe emplear el más acertado criterio técnico. Las plantas tiernas originarias del ambiente estéril de un laboratorio deben ser fortalecidas con mucho cuidado cuidando al máximo las condiciones ambientales, antes de su cambio a un vivero totalmente bajo sombra. El proceso de endurecimiento y de adaptación al clima es muy descrito por (Ashton 1979).

Durante el proceso de la multiplicación in vitro, las plántulas deben ser sometidas a un fuerte estrés ambiental con los consiguientes resultados fenológicos a los componentes de los medios de cultivo y a las diferentes circunstancias ambientales atmosféricamente controladas. Las plántulas producidas por cultivo in vitro por lo general son expuestas desde el principio de su producción a microambientes totalmente seleccionados para poder lograr niveles óptimos de desarrollo desarrollándose dentro de frascos de cultivo, bajo límites asépticos y con muy poca intensidad luminosa, en un medio de conteniendo en sacarosa y de nutrientes suficientes para poder generar un desarrollo heterotrófico, para dar lugar a un fenotipo compuesto por una formación anatómica de limbos foliares más sensibles que los comúnmente encontrados en parámetros naturales (Banerjee 1986).

1.5.7 Micropropagación aplicado en biorreactores

Los biorreactores que son entendidos como sistemas complejos de recipientes para cultivo que ayudan a un control más preciso en los parámetros químicos y físicos del medio, originalmente fueron desarrollados para el cultivo de microorganismos. Aunque hay que indicar que no es precisamente correcto desde una óptica técnica, el término “birreactor” es ampliamente dirigido al ámbito de la micropropagación, donde el uso de medios líquidos en recipientes de cultivo semiautomatizados para aumentar la producción de propágulos. De entre las variantes o soluciones para la renovación o no del medio de cultivo y a su vez la inmersión sea total o parcial del material vegetativo, la técnica más empleada en plátanos y bananos es la inmersión mediante sistemas que son semiautomáticos (Panigrahi 2016).

También está la inmersión total a través de circulación forzada y sin aplicar renovación al medio de cultivo través de un circuito de aire a presión, lo que ayuda además a la renovación de la atmosfera de cultivo (Sekiwoko 2014).

Con este fundamento de funcionalidad existen varias metodologías, entre las que sobresalen el Recipiente de Inmersión Temporal Automático RITA (Wollaeger 2014),

en cuanto a la variante comercial de diseño Plantform (Barker 1962), y también el Birreactor de Inmersión Temporal BIT (Korneva 2013), con su respectiva versión comercial SETIS (Pérez 2012).

Entre los variados factores que intervienen destacándose a la hora de fijar un protocolo eficaz para propagación a los distintos genotipos de Musa, se hayan los momentos de inmersión, el volumen de medio líquido, la frecuencia de las inmersiones, el volumen total del recipiente como inóculo. De la misma manera, la ventilación forzada es tal vez uno de los puntos de mayor influencia en el desarrollo y calidad de las plantas obtenidas. En un estudio muy actual relacionan el efecto existente sobre la calidad de las plantas durante el proceso in vitro y en la adaptación al clima en la propagación de plátano en BITs con el cultivo tradicional en un medio sólido (Robinson 2009).

1.5.8 Propagación por embriogénesis somática

Claramente el uso de la técnica de la embriogénesis somática en cultivares totalmente comestibles en bananos y plátanos está fundamentado en las metodologías hechas partiendo de los explantes de flores masculinas (Turner 1972) y también de meristemos proliferantes (Welander 2014.).

Ya que, partiendo de su alta capacidad de regeneración, iniciándose de suspensiones celulares embriogénicas, se puede decir que esta vía de regeneración de plantas se dirigió básicamente a completar al mejoramiento genético del cultivo mediante métodos de la biotecnología y no directamente a la propagación con fines comerciales de cultivos, por a un mayor peligro de variación somaclonal en relación con plantas propagadas por ápices meristemáticos (Pérez 2012).

Ciertos investigadores hacen referencia a su posible utilización en la propagación en masa (Nascimento 2015).

1.5.9 Plantación en campo

Según Barker (1962) Para lograr obtener resultados que sean útiles es necesario que la preparación del terreno y el proceso de plantación se realicen de forma exacta. Estos trabajos son muy conocidos por productores actuales de bananos y

muy parecidos a los que comúnmente son utilizados para diversos cultivos, a continuación, se resumen algunos datos relevantes al mismo para el banano, así;

“ Es necesario elegir al mejor suelo, también evitar volver a plantar bananas en terrenos donde anteriormente se hayan plantado bananas exento se haya hecho rotación de cultivos. En los subtrópico se debe realizar la plantación donde las temperaturas sean las más aptas para el banano, lo que se relaciona con la primavera tardía, el trasplante a campo debe realizarse en las primeras horas de la mañana o en días nublados, evitando los días o momentos de excesivo calor. El trasplante al campo definitivo se lo debe hacer cuando las plantas posean una altura de 30– 60 cm en la parte aérea y con media de 5 hojas jóvenes totalmente expandidas y una hoja ‘cigarro’ en desarrollo activo, debe ejecutarse en surcos con un interesante aporte de materia orgánica y de suplementos de fósforo relacionado de acuerdo con las características del suelo. La plantación debe poseer un sistema de riego de micro aspersion, ayudando así al rápido desarrollo de las plantas que posean de un abundante sistema radical” (Banerjee 1986).

En el lapso del mes siguiente la plantación debe ser humedecida en la superficie del suelo y a la vez las hojas dos veces al día por 15 minutos, exclusivamente en días de calor, optimizando las técnicas culturales y en particular dándole importancia al riego durante los 3 primeros meses posterior el trasplante al campo (Aragón 2010).

1.6 Hipótesis

Ha: La Caracterización de los sistemas de propagación en el cultivo de banano es necesaria para conocer y optimizar el desarrollo fenológico y fenométrico de las plantas desde semilla en invernadero o laboratorio hasta su siembra final en el campo.

H0: La Caracterización de los sistemas de propagación en el cultivo de banano no es necesaria para conocer y optimizar el desarrollo fenológico y fenométrico de las plantas desde semilla en invernadero o laboratorio hasta su siembra final en el campo.

1.7 Metodología de la investigación

A través de este estudio se brinda un claro análisis no sistemático que se origina de la necesidad de profundizar en el conocimiento del cultivo de banano en cuanto a sus diferentes formas de reproducción; también de tesis estudiantiles de pregrado de la región, publicaciones científicas de alto impacto, de la experiencia y conocimientos del autor sobre la agricultura ecuatoriana, basándose específicamente en la investigación bibliográfica, y a la vez del trabajo empírico más actual sobre el manejo sustentable y amigable de los sistemas de producción bananera del Ecuador.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

En Ecuador, como en otros países productores de banano, la actividad agrícola en el agroecosistema bananero tiene un impacto significativo en las zonas aledañas. El manejo convencional del sistema de propagación en banano incluye el uso de actividades inapropiadas como la erosión, acidificación y salinización del suelo, y prácticas agrotécnicas que causan contaminación del aire a través de la fumigación en áreas de cultivo con fines fitosanitarios. La contaminación de las fuentes de agua con residuos sólidos, residuos tóxicos e incluso fertilizantes minerales son algunas de las otras actividades inapropiadas que afectan el medio ambiente y a la sociedad.

Los Ríos no tiene un sistema de propagación de banano establecido con la infraestructura adecuada o una infraestructura que evite minimizar los efectos de la erosión y lixiviación del suelo bananero y en el caso de los invernaderos la contaminación del aire. De igual forma, la fumigación indiscriminada de fungicidas alcanza hasta más de 35 casos a lo largo del año, provocando malestar en escuelas y comunidades.

2.2 Situaciones detectadas (Hallazgo)

- Entre los pequeños productores los sistemas de propagación en banano son limitados, pues la mayoría recurre al conocimiento experiencial como lo es el trasplante tradicional de hijos de espada.
- Los grandes productores bananeros cuentan con tecnologías necesarias para poder generar algún sistema de propagación adecuado, como; viveros con cámaras de multiplicación, enraizamiento y aclimatación.
- Pocas son las bananeras que adquieren material vegetativo para siembra originados en laboratorios certificados con embriogénesis somáticas y biorreactores como lo es el INIAP.
- Poco o casi nulo conocimiento técnico sobre los diferentes sistemas de propagación en banano, provocando que el manejo sobre los sistemas de propagación sea empíricos y carentes de iniciativas tecnológicas evitando de esta forma el desarrollo sostenible del cultivo.

2.3. Soluciones planteadas

- Los sistemas de producción investigados son similares en términos de alto nivel técnico. Sin embargo, sus rendimientos agrícolas son bajos. Es necesario mejorar el proceso productivo del cultivo del banano.
- Socializar los beneficios generados por aplicar material de siembra generados en laboratorios certificados.
- Mejorar la infraestructura agrícola para el sistema de propagación de pequeños agricultores y la gestión agrotécnica del cultivo de banano.

2.4 Conclusiones

En base a lo analizado se mantienen las siguientes conclusiones:

- Es importante conocer el material vegetal que se siembra en el campo, pues partiendo de su calidad se garantizará una plantación con rendimientos beneficiosos a futuro.
- Las plántulas micro propagadas tienen hojas con rasgos fenométricos y fenológicos distintos de las plantas propagadas de forma tradicional.
- Todos los sistemas de propagación de banano son beneficiosos o sustentables, pero hay que indicar que los sistemas de tipo genético superan a los convencionales.
- En vivero los sustratos hechos a base de fibra de coco han mostrado un excelente vigor y rápido crecimiento en las plantas, viveros con sombra inicial hasta un 70% durante los primeros 15 días, lo cual debe tener un sistema de riego nebulizante que ayuda a disponer durante aquella fase de inicio el mantenimiento de una superficie de agua sobre las hojas de las plantas evitando así la pérdida de turgencia.
- En lo referente a embriogénesis somática la diferenciación de Musaceae por genotipo, las mayores respuestas de crecimiento de brotes se encuentran en los cultivares de banano con genotipos AA y AAA.

2.5 Recomendaciones

En base a las conclusiones expuestas se recomienda:

- Obtener plantas meristemáticas obtenidas en laboratorios de biotecnología (in vitro), ya que son la mejor opción para trasplantar dada su alta eficiencia genética, uniformidad y potencial de rendimiento.
- Mejoramiento de infraestructura agrícola para sistemas de producción a pequeña escala y manejo agrotécnico del cultivo de banano.
- Realizar investigaciones económicas sobre costo-beneficios de los diferentes sistemas de propagación.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.ACQUARONE, P. (1930). *The roots of Musa sapientum L.* Guatemala: United Fruit Co.(Bulletin, 26).
- 2.AFREEN, F. (2006). *Temporary immersion bioreactor.Engineering considerations and applications in plant micropropagation.* DUTTA GUPTA, S.; IBARAKI, Dordrecht:Springer, p.187–201.
- 3.ALBANY, N., GONZÁLEZ, E. J., VILCHEZ, J., GARCÍA, L., DE FERIA, M., PÉREZ, N., y otros. (2005). *Use of growth retardants for banana (Musa AAA cv. Grand Naine) shoot multiplication in temporary immersion systems.* HVOSLEF-EIDE, A.K.; PREIL, W. (Ed.).Dordrecht: Springer, p.213-224.
- 4.ALVARO, D., COTE, F., & TEISSON, C. (1993). Comparison of methods liquid medium culture for banana micropropagation. *Tissue And Organ*, v.32, n.1, p.55-60.
- 5.ARAGÓN, C., CARVALHO, L., GONZÁLEZ, J., ESCALONA, M., & AMÂNCIO, S. (2010). Ex vitro acclimatization of plantain plantlets micropropagated in temporary immersion bioreactor. *Biologia Plantarum*, Dordrecht,v.54, n.2, p.237-244.
- 6.ARAGÓN, C., ESCALONA, M., CAPOTE, I., CEJAS, I., RODRÍGUEZ, R., SANDOVAL, J., y otros. (2006). Aspectos metabólicos del crecimiento y desarrollo de las plántulas de plátano (CEMSA ¾) micropropagadas en biorreactores de inmersión temporal (BIT). *Cultivos Tropicales*, San Jose, v.27, n.1, p.39-44,.
- 7.ARAGÓN, C., ESCALONA, M., RODRIGUEZ, R., CAÑAL, M., CAPOTE, I., PINA, D., y otros. (2010). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, New York, v.46, n.1, p.89-94,.

- 8.ASHTON, D., & TURNER, J. (1979). Studies on the light compensation point of *Eucalyptus regnans* Muell. *Australian Journal of Botany*, Melbourne, v.27, p.289-607.
- 9.BANERJEE, N., D., V., & DE LANGHE, E. (1986). *Meristem tip culture of Musa p.histomorphological studies of shoot bud proliferation*. London: Butterworths, : WITHERS, L.A.; ALDERSON, P.G.
- 10.BARKER, W., & STEWARD, E. (1962). Growth and development of the banana plant. 1. The growing regions of the vegetative shoot. *Annals of Botany*, Oxford, v.26, n.103, p.389-410.
- 11.GEORGIEV, V., SCHUMANN, A., PAVLOV, A., & BLEY, T. (2014). T. Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Engineering in Life Sciences*, Weinheim, v.14, n.6,p.607-621, 2014.
- 12.KOFFI, M., & DECLERCK, S. (2015). In vitro mycorrhization of banana (*Musa acuminata*) plantlets improves their growth during acclimatization. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, New York, v.51, n.3,p.265-273.
- 13.KORNEVA, S., FLORES, J., SANTOS, E., PIÑA, F., & MENDOZA, J. (2013). Plant regeneration of plantain 'Barraganete' from somatic embryos using a temporary immersion system. *Bioteconología Aplicada*, Toronto, v.30, n.4, p.267-270.
- 14.LÓPEZ, J., GÓMEZ, R., TOLEDO, C. H., MONTANO, N., & RAYAS, A. (2005). Estudio en campo de plantas regeneradas por embriogénesis somática a partir del explante de yemas brotadas en el cultivar 'Navolean' (ABB) . *Bioteconología Vegeta*, Las Vilas, v.5, n.1, p.60-64.
- 15.MITCHELL, C., DZAKOVICH, M., GOMEZ, C., LOPEZ, R., BURR, J., HERNÁNDEZ, R., y otros. (2015). Light-emitting diodes in horticulture. *Horticultural Reviews*, Hoboken, v.43, n.1, p.1-88.
- 16.MITCHELL, C., DZAKOVICH, M., GOMEZ, C., LOPEZ, R., BURR, J., HERNÁNDEZ, R., y otros. (2015). Light-emitting diodes in horticulture. *Horticultural Reviews*, Hoboken, v.43, n.1, p.1-88.

17. NASCIMENTO VIEIRA, L., DE FREITAS FRAGA, H., & DOS ANJOS, K. (2015). Light-emitting diodes (LED) increase the stomata formation and chlorophyll content in *Musa acuminata* (AAA) 'Nanicão Corupá' in vitro plantlets. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v.27, n.2, p.91-98.
18. PANIGRAHI, S., LAKSHMI, K. A., MADHURI, V., & SOUMYA, A. N. (2016). Acclimatization of invitro propagated banana grand naine by biotinización—survival rate by phenol concentrations. Dordrecht: Springer, p.105-112.
19. PÉREZ, M., VEGA, V., DELGADO, M., TORRES, J., PINO, A., CABRERA, A., y otros. (2013). Nueva alternativa para la micropropagación en inmersión temporal del cultivar de plátano vianda "INIVITPV- 2011"(AAB). *Revista Colombiana de Biotecnología*, Bogotá, v.15, n.1, p.98-107.
20. PÉREZ, M., VEGA, V., MARTÍN, J., GÁLVEZ, E., DELGADO, M., TORRES, J., y otros. (2012). Multiplicación del clon de banano 'FHIA-18'(AAAB) en Sistema de Inmersión Temporal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Bogotá, v.14, n.1, p.8-19.
21. ROBINSON, J. C., & GALÁN SAÚCO, V. (2009). *Plátanos y Bananas*. Madrid: Mundiprensa.
22. SSEKIWOKO, F., TALENGERA, D., KIGGUNDU, A., NAMUTEBI, M., KARAMURA, E., & KUNERT, K. (2014). In-vitro proliferation of *Musa balbisiana* improves with increased vitamin concentration and dark culturing. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, v.2, n.3, p. 1-7.
23. SUADA, E. P., JASIM, B., JIMTHA, C. J., GAYATRI, G. P., RADHAKRISHNAN, E. K., & REMAKANTHAN, A. (2015). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, v.51, n.6, p.682-687.
24. SUADA, E. P., JASIM, B., JIMTHA, C. J., GAYATRI, G. P., RADHAKRISHNAN, E. K., & REMAKANTHAN, A. (2015). Grand Naine. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, New York, v.51, n.6, p.682-687.
25. SUÁREZ-CASTELLÁ, M., GÓMEZ, R., CHONGPÉREZ PÉREZ B, M., L., & M.L., R. G.-Á. (2012). Estrategia de innovación tecnológica de embriogénesis somática. *Santa Clara*, v.12, n.1, p.41 - 48.

26. TURNER, D. (1972). Banana plant growth. I. Gross morphology. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, Melbourne, v.12, p.209-2015.

WELANDER, M., PERSSON, J., ASP, H., & ZHU, L. (2014.). *Scientia Horticulturae*, New York, v.179, p.227-232.

27. Valdez .E. G. (2020). Semianrio de microbiología. Primer bloque. Disponible en: <https://www.uib.cat/depart/dba/microbiologia/seminarios/1%20Medios%20de%20cultivo.pdf>

28. VIRESA (2022). Disponible en: https://viresa.com.mx/blog_tipos_medios_cultivo

29. WILKEN, D., GONZALEZ, E., GERTH, A., GÓMEZ-KOSKY, R., SCHUMANN, A., & CLAUS, D. (2014). Effect of immersion systems, lighting, and TIS designs on biomass increase in micropropagating banana (*Musa spp. cv. 'Grande naine' AAA*). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, New York, v.50, n.5, p.582-589.