



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo de Integración Curricular, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

Efecto de la posición de siembra sobre el crecimiento de explantes de plátanos (*Musa AAB*) cv. Hartón cultivado en condiciones *in vitro*.

AUTOR:

Juan Sebastian Burbano Garcia

TUTOR:

Walter Oswaldo Reyes Borja, Ph. D.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2024

RESUMEN

El plátano es un cultivo de gran importancia alimenticia y económica para los países que los exporta, lo que implica la necesidad de mejorar sus rendimientos, calidad y fomentar su rápida multiplicación mediante el desarrollo y transformación de tecnología. El cultivo *in vitro* es una herramienta valiosa en la propagación comercial e investigativa de estas plantas, es una técnica que permite reproducir plantas de manera masiva en condiciones asépticas y controlada. Esta tecnología nos brinda de obtener plantas uniformes y libres de enfermedades, bacteria y virus, planta totalmente sana. El medio de cultivo más usado para el plátano es el Murashige y Skoog. El objetivo es identificar la posición más efectiva para mejorar la eficiencia, calidad y uniformidad del proceso de propagación *in vitro*, con implicaciones importantes en los sectores comercial y científico, la siembra del plátano en el medio de cultivo lo hace de forma vertical con la punta del ápice hacia arriba obteniendo bueno resultado y un buen desarrollo, se evaluó la siembra de los explantes en la posición horizontal con el ápice apuntado para un lado o de posición vertical opuesta con el ápice apuntado hacia abajo, al explorar estos efectos, se pueden identificar posiciones óptimas que maximicen el desarrollo, mejorando así la eficiencia del proceso de multiplicación *in vitro*

Palabras clave: Ápice, *in vitro*, plátano, propagación, tecnología.

ABSTRACT

Bananas are a crop of great nutritional and economic importance for the countries that export them, which implies the need to improve their yields, quality and encourage their rapid multiplication through the development and transformation of technology. In vitro cultivation is a valuable tool in the commercial and research propagation of these plants. It is a technique that allows plants to be reproduced in masse under aseptic and controlled conditions. This technology allows us to obtain uniform plants free of diseases, bacteria and viruses, a completely healthy plant. The most used growing medium for bananas is Murashige and Skoog. The objective is to identify the most effective position to improve the efficiency, quality and uniformity of the in vitro propagation process, with important implications in the trade and scientific sectors. Planting the banana in the culture medium is done vertically with the tip from the apex upwards, obtaining good results and good development, it will be evaluated whether the explant is planted in a horizontal position with the apex pointed to one side or in an opposite vertical position with the apex pointed downwards. By exploring these effects, optimal positions can be identified. that maximize shoot formation, thus improving the efficiency of the in vitro multiplication process

Keywords: Plantain, in vitro, propagation, apex, technology.

Índice general

RESUMEN.....	II
Índice general	III
Índice de figuras	VII
Índice de figuras	VIII
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Contextualización de la situación problemática.....	1
1.1.1. Contexto Internacional.....	1
1.1.2. Contexto Nacional.....	1
1.1.3. Contexto Local.....	2
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos de investigación.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis.....	5
1.5.1. Hipótesis nula.....	5
1.5.2. Hipótesis alterna.....	5
CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Bases teóricas.....	6
2.2.1. Importancia del plátano en Ecuador.....	6
2.2.2. Clasificación taxonómica del plátano.....	6
2.2.3. Morfología del plátano.....	7
2.2.4. Biotecnología.....	8

2.2.5. Cultivo in vitro.....	9
2.2.6. Cultivo embriogénesis.....	10
2.2.7. Cultivo de órganos.....	11
2.2.8. Cultivos de callos.....	11
2.2.9. Importancia de la biotecnología en el cultivo in vitro de plátano.....	12
2.2.10. Medio de cultivo in vitro.....	12
2.2.11. Medio de cultivo MS.....	13
2.2.12. Contaminación en cultivo in vitro.....	13
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Operacionalización de variables.....	14
3.3. Población y muestra	15
3.4. Técnicas e instrumento de medición	15
3.4.1. Técnicas.....	15
3.4.2. Instrumentos y materiales.....	16
3.4.3. Equipos.....	16
3.5. Procesamiento de datos.....	17
3.5.1 Tratamientos	17
3.6. Datos a evaluar.....	17
3.6.1. Siembra de los explantes.....	17
3.6.2. Tiempo de desarrollo de los explantes sembrados en distintas posiciones.....	18
3.6.3. Supervivencia.....	18
3.7. Aspecto éticos.....	19

CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1. Resultados.....	20
4.2. Discusión	28
CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
5.1. Conclusiones.....	30
5.2. Recomendaciones	31
REFERENCIAS.....	32
Anexos.....	37

INDICES DE FIGURAS

Figura1. Contaminación de hongos en el medio de cultivo.....	20
Figura 2. Oxidación en los explantes de plátano.....	21
Figura 3. Evolución del explante de plátano sembrado en posición horizontal.....	24
Figura 4. Evolución del explante de plátano sembrado en posición vertical opuesto.....	24
Figura 5. Evolución del explante de plátano sembrado en posición vertical.....	25
Figura 6. Inspección de la presencia de la tonalidad verde de los explantes de plátano sembrado en posición horizontal.....	26
Figura 7. Inspección de la presencia de la tonalidad verde de los explantes de plátano sembrado en posición vertical opuesto.....	27
Figura 8. Inspección de la presencia de la tonalidad verde de los explantes de plátano sembrado en posición vertical.....	27

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Los tratamientos empleados dentro del estudio.....	17
Tabla 2. Análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis de la variable contaminación de las tres posiciones de siembra de los explantes de plátano.....	20
Tabla 3. Análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis de la variable ancho inicial de los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.....	21
Tabla 4. Comparaciones de Kruskal Wallis de los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.....	22
Tabla 5. Análisis de varianza mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable del ancho final de los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.....	22
Tabla 6. Comparaciones de Kruskal Wallis del ancho final de los explantes de plátano sembrado en las tres posiciones de siembra.....	23
Tabla 7. Análisis de varianza con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable de crecimiento de los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.....	23
Tabla 8. Comparaciones de Kruskal Wallis sobre el crecimiento de los explantes de plátano sembrado en las tres posiciones de siembra.....	23
Tabla 9. Análisis de varianza con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para evaluar la presencia de clorofila en los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.....	25

Tabla 10. Comparaciones de Kruskal Wallis sobre la presencia de clorofila en los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.....	26
---	-----------

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización de la situación problemática

1.1.1. Contexto Internacional

El banano y el plátano (*Musa spp.*), son frutos tropicales de gran aceptación en los mercados internacionales, y constituyen una importante fuente alimenticia en los países productores y consumidores, su producción contribuye a la captación de divisas para el país y a la generación de empleo, como la mayoría de las variedades comestibles de musáceas (Macías y Sotomayor 1994).

1.1.2. Contexto Nacional

El plátano (*Musa spp.*) es considerado uno de los rubros de importancia en la sociedad ecuatoriana porque forma parte de los alimentos básicos en la seguridad alimentaria de la población, especialmente en las regiones de la Costa y la Amazonía ecuatoriana, además, está presente en la mayoría de los sistemas de producción agrícola, generando trabajo e ingresos para miles de ecuatorianos y representa un importante rubro de exportación, a pesar de su importancia como producto básico de la canasta familiar de los ecuatorianos y como rubro de exportación, el cultivo de plátano en el país presenta un escaso desarrollo tecnológico (Fernández *et al.* 2021).

Estas especies no producen semillas, por lo que su propagación es por vía asexual; utilizando los hijuelos o retoños que se generan del cormo o madre, los mismos que son separados para utilizarlos como material de siembra; sin embargo, el número de hijuelos que se pueden obtener mediante esta metodología convencional es relativamente reducida, facilitando además la diseminación de plagas y enfermedades (Macías y Sotomayor 1994).

Los procesos biotecnológicos fundamentados en la aplicación de los sistemas "*in vitro*" y el creciente interés en los últimos años ha generado de la biotecnología vegetal una integración en el mejoramiento de las musáceas. Los avances logrados recientemente mediante el empleo de la biotecnología pueden complementarse con los programas de mejoramiento convencional realizando

esfuerzos para aumentar la variabilidad, la cual constituye una alternativa de gran importancia para la selección de clones promisorios (Perea 1998).

1.1.3. Contexto local

El cultivo *in vitro* de ápices de plátano constituye un método de propagación asexual eficaz que permite una rápida multiplicación en gran escala a partir de una sola planta, la propagación puede realizarse durante todo el año y ser programada para facilitar la disponibilidad de material de siembra, permitiendo también la conservación y el intercambio internacional de germoplasma, las plantas propagadas a través de este método son fuente de material de siembra sano, que están libres de bacterias, hongos y nematodos a diferencia de las plantas multiplicadas con el sistema tradicional (Macías y Sotomayor 1994).

La propagación *in vitro* tiene una alta demanda hoy en día, exige una optimización de recursos a fin de producir de manera eficiente las poblaciones de plántulas a nivel de laboratorio; sin embargo, es importante ajustar ciertas partes del protocolo, como lo es la etapa de inducción de brotes para estimular el crecimiento de éstos en un menor tiempo (Gálvez y Elizalde 2021).

1.2. Planteamiento del problema

El ápice meristemático del plátano al ser sembrado en el medio de cultivo, se observa un crecimiento normal y una respuesta adecuada. Sin embargo, en ciertas circunstancias, se ha notado que el explante puede caerse o inclinarse hacia abajo, mostrando un crecimiento más rápido y voluminoso. Esta observación ha sido anecdótica hasta el momento. El propósito de este estudio es investigar sistemáticamente si existe algún efecto relacionado con la posición de siembra del explante en el medio de cultivo.

El ápice meristemático al estar sembrado en el medio de cultivo, y al ser procesado para su siembra, se deben hacer incisiones realizando cortes a los lados del explante, esto ocasiona que se liberen y produzcan fenoles los que retardan el crecimiento del tejido hasta que se regenere o se cicatrice, a parte se pierde tiempo en la absorción de los nutrientes.

La posición de siembra puede influir en la velocidad del desarrollo de los explantes. Algunas posiciones probablemente pudieran promover un crecimiento más rápido, mientras que otras pueden resultar en un crecimiento más lento,

1.3. Justificación

Este estudio busca evaluar el impacto de la posición de siembra de explantes de plátano cultivados en condiciones *in vitro*. Dado que el cultivo *in vitro* es una herramienta valiosa en la propagación comercial e investigativa de estas plantas, comprender esta influencia es crucial para optimizar el proceso y mejorar la eficiencia en la producción de plántulas. Identificar la posición más efectiva es fundamental para mejorar la eficiencia, calidad y uniformidad del proceso de propagación *in vitro*, con implicaciones importantes en los sectores comercial y científico.

Desde una perspectiva práctica, este estudio tiene el potencial de demostrar cómo la posición de siembra puede impactar la tasa de multiplicación de los explantes. Al explorar estos efectos, se puede identificar posiciones óptimas que maximicen la formación de brotes, mejorando así la eficiencia del proceso de multiplicación *in vitro*. La calidad de las plántulas obtenidas a través del cultivo *in vitro* es fundamental para su posterior establecimiento y rendimiento futuro en el campo. La posición de siembra puede influir en la calidad de los brotes y, por ende, en la calidad general de las plántulas desarrolladas. Comprender cómo la posición de siembra afecta esta calidad es esencial para producir plántulas vigorosas y saludables.

Optimizar el proceso de cultivo *in vitro* puede conducir a una reducción de costos y un aumento en la productividad al mejorar la eficiencia de multiplicación y la calidad de las plántulas producidas. Comprender cómo la posición de siembra afecta estos aspectos puede contribuir significativamente a este objetivo.

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la posición de siembra sobre el crecimiento de explantes de plátano (*Musa AAB*) cv. Hartón cultivado en condiciones *in vitro*.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el desarrollo de plátano obtenidos a partir de los ápices meristemáticos sembrados en dos métodos: en siembra horizontal y siembra vertical opuesta (en sentido al geotropismo positivo).
- Comparar la calidad de los explantes de plátano obtenidos a partir de los dos métodos de siembra en cuanto a su desarrollo y vigor.
- Seleccionar el método de mejor crecimiento del explante de plátano sembrado *in vitro*.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis nula

Los explantes de plátano cv. Hartón sembrados en el medio de cultivo en diferentes posiciones muestran un crecimiento similar.

1.5.2 Hipótesis alterna

Los explantes de plátano cv. Hartón sembrados en el medio de cultivo en diferentes posiciones por lo menos una posición de siembra muestra un crecimiento distinto.

CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Ronquillo (2005), demuestra en su investigación utilizando láminas foliares en tres formas de siembra, determinó que la siembra de manera polar y en posición vertical era la más adecuada, ya que el 100% de los explantes sembrados en esta posición presentaron regeneración callogénica, se observó que la siembra horizontal presentó el 50% de explantes con incidencia de callogénesis y la siembra horizontal retirando la epidermis presentó un 25% de respuesta callogénica en los explantes.

Kessel (2008), muestra que para la regeneración de los vástagos en naranja dulce, se probaron diferentes combinaciones y concentraciones de citocininas en el medio MS, además se consideraron tres posiciones diferentes respecto al eje embrionario y tres zonas de corte, con el objetivo de evaluar la respuesta organogénica de las distintas porciones de hojas cotiledonares.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Importancia del plátano en Ecuador

El plátano (*Musa AAB*) presenta gran importancia socioeconómica para el Ecuador por ser un componente básico en la dieta diaria de la población rural, así como de la oferta alimenticia de la población ecuatoriana en general, considerándose como sostén para la economía y seguridad alimentaria del país (Chila *et al.* 2023).

2.2.2 Clasificación taxonómica del plátano

El plátano es una especie monocotiledónea pertenecientes a la familia de las Musáceas, siendo esta familia una de las más grandes e importantes entre las angiospermas, se estima que a escala mundial existen alrededor de 1000 tipos de musáceas diferentes por lo que su clasificación y nomenclatura es un tema complejo (Agrotendencia 2020).

Reino: Plantae

División: Macrophyllphytiva

Clase: Mympphaeopsida

Sub-Clase: Magnoliophytina

Orden: Zingiberales

Familia: Musáceae

Sub-familia: Musoideae

Género: *Musa*

Sección: Eumusa

Nombre científico: *Musa* (Grupo AAB, Sub-grupo Plátano)

2.2.3 Morfología del plátano

Las musáceas comestibles son plantas herbáceas de gran tamaño que pueden llegar a medir hasta 15 m de altura, están constituidas por un tallo corto subterráneo (rizoma) que recibe el nombre de “cormo”, del cual nace un pseudotallo aéreo formado por vainas envolventes de las hojas y por cuyo centro crece el eje floral, del cormo también brotan yemas laterales que darán origen a nuevas plantas jóvenes denominadas hijos (Agrotendencia 2020).

Las hojas son grandes, ovals de hasta 3 m de longitud, de base obtusa, ápice agudo, margen entero y color verde oscuro o amarillento, los grupos de flores reciben el nombre de “manos” que comprenden flores femeninas y masculinas, así todo el conjunto de manos conforman lo que se conoce como “racimo”, el fruto es una baya su forma y tamaño varían dependiendo del genotipo y del cultivar , tomando en cuenta el empleo del término “manos” para los grupos de flores y frutos, es común denominar a estos últimos como “dedos” (Agrotendencia 2020).

2.2.4 Biotecnología

La biotecnología se utiliza para resolver problemas en todos los aspectos de la producción y elaboración agrícolas, incluido el fitomejoramiento para elevar y estabilizar el rendimiento, mejorar la resistencia a plagas, animales y condiciones abióticas adversas como la sequía y el frío, y aumentar el contenido nutricional de los alimentos, se utiliza con el fin de crear material de plantación de bajo costo y libre de enfermedades para cultivos como la yuca, el banano y las papas y está proporcionando nuevos instrumentos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades de las plantas y los animales y para la medición y conservación de los recursos genéticos (Green Facts 2004).

La biotecnología está cambiando los piensos y las prácticas de alimentación de los animales para mejorar la nutrición de éstos y reducir los desechos, la biotecnología se utiliza para diagnosticar enfermedades y producir vacunas contra enfermedades de los animales, la biotecnología puede aplicarse a todo tipo de organismos, desde los virus y las bacterias a los animales y las plantas, y se está convirtiendo en un elemento importante de la medicina, la agricultura y la industria modernas (Green Facts 2004).

La biotecnología agrícola moderna comprende una variedad de instrumentos que emplean los científicos para comprender y manipular la estructura genética de organismos que han de ser utilizados en la producción o elaboración de productos agrícolas (Green Facts 2004).

La biotecnología es una ciencia que se ha estado utilizando durante siglos. Desde las cervezas y vinos naturales fermentados en barricas de diferentes tipos, hasta la manipulación y fermentación de las levaduras para hacer pan, conllevan un proceso biotecnológico, la agricultura también es un sector ligado a la biotecnología. Desde las primeras cosechas, los agricultores han manipulado las plantas y animales a través de la siembra y la cría selectiva. Elegían aquellos con mejores características y creaban variedades y especies nuevas con los rasgos deseados (Herogra 2022).

Gracias a la biotecnología se han conseguido grandes avances en el sector agrícola. Desde una mejora en la absorción de nutrientes gracias al uso de

microorganismos con propiedades promotoras del crecimiento vegetal, hasta el control de plagas con el uso de extractos y fermentos de plantas y hongos. El caso más estudiado en la agricultura es el uso de los microorganismos con características promotoras del crecimiento vegetal, denominados PGPR. Estas propiedades bioestimulan a la planta gracias a la mejora en la captación de nutrientes, desarrollo radicular y control de fitopatógenos (Herogra 2022).

2.2.5 Cultivo *in vitro*

El cultivo *in vitro* es una técnica que se utiliza en diversos campos de la biología para mantener organismos vivos, o partes de estos, bajo condiciones controladas dentro de un laboratorio. Si bien las áreas más desarrolladas de esta técnica son la microbiología y la biología celular de líneas celulares animales, el cultivo de tejidos vegetales también ha mantenido un desarrollo constante en las últimas décadas, y es aplicado en la conservación de plantas ornamentales como las orquídeas endémicas de la selva, la restauración de bosques, la generación de plantas modificadas para producir nutrientes esenciales, o la producción de fármacos, entre otros (UTECH 2019).

El cultivo *in vitro* de tejidos vegetales es una definición genérica que incluye el cultivo de protoplastos, de células, de tejidos, de órganos y de plantas, el nombre de cultivo *in vitro* proviene del hecho de que todo el cultivo se realiza habitualmente en recipientes de vidrio, aunque actualmente también se utilizan otros materiales como el polipropileno (Montserrat 2005).

El cultivo *in vitro* se realiza tomando una porción de una planta (hoja, tallo, semilla, otros) y colocándola en un medio nutritivo estéril donde se regenerará una o muchas plantas. Este cultivo se incuba bajo condiciones de luz, temperatura y humedad controladas, que junto con las fisicoquímicas y nutricionales propician el desarrollo del explante hacia la formación de una masa celular amorfa denominada callo, de donde parte todo lo demás (UTECH 2019).

El cultivo de tejidos vegetales, como el de animales, resulta un tanto complejo ya que, a diferencia de la microbiología, donde ya existen medios de cultivo específicos que funcionan para una gran cantidad de organismos. Cada

grupo de plantas, o a veces cada especie, requieren de una variedad y concentración específica de nutrientes, lo cual aumenta los costos para realizar esta técnica, pero en 1962, Toshio Murashige y Folke Skoog desarrollaron un medio de cultivo que contiene nutrientes básicos para el crecimiento de la mayoría de plantas: en su mayoría sales, algunas vitaminas y el aminoácido glicina. Este medio es esterilizable, y dependiendo de la planta se suplementa con otros nutrientes y reguladores de crecimiento vegetal que impulsen su desarrollo (UTECH 2019).

En 1902, Haberlandt fue uno de los pioneros en el cultivo *in vitro*, si bien su trabajo no obtuvo muy buenos resultados al emplear células muy diferenciadas, posteriormente White (1934) pudo desarrollar los primeros cultivos de órganos vegetales (empleando raíces de tomate y extracto de levadura como medio nutritivo), cinco años después, Gautheret, Nobécourt y White consiguieron, por separado, desarrollar el primer cultivo *in vitro* de tejido vegetal, los dos primeros con tejido de células meristemáticas de zanahoria y el último con tejido tumoral de tabaco, el éxito de sus cultivos fue debido tanto a la elección del tipo celular como a la adición de auxina AIA y vitaminas (Miguel 2018).

2.2.6 Cultivo embriogénesis

Todas las células somáticas dentro de la planta contienen la información genética necesaria para crear una planta completa y funcional, la expresión temporal y espacial de los genes es fuertemente regulada para permitir la diferenciación de varios sistemas de órganos, así como el desarrollo de una planta, la inducción de la embriogénesis somática consiste en la terminación del patrón de expresión de los genes presentes en el tejido del explante, siendo esto reemplazado con un programa de expresión de genes o gen de la embriogénesis en aquellas células del tejido del explante que pudieran dar lugar a embriones somáticos (Marisol 2003).

Embriogénesis somática directa ofrece la posibilidad de obtener embriones somáticos directamente desde células aisladas o grupos de células sin la formación de callo, este desarrollo directo es debido a la acción realizada por la composición del medio de cultivo y el origen del explante (Marisol 2003).

La embriogénesis somática indirecta son los cultivos de suspensiones celulares embriogénicas, estos son establecidos generalmente por la transferencia de fragmentos de callos indiferenciados o embriones somáticos en etapas iniciales a medio de cultivo en estado líquido, estos posteriormente son colocados en agitación durante todo el período de cultivo, este tipo de cultivo es un sistema modelo para estudiar las rutas de la producción de metabolitos secundarios, inducción de enzimas y expresión de genes y representa la base para el escalado del cultivo en los biorreactores (Marisol 2003).

2.2.7 Cultivo de órganos

La formación de nuevos órganos, como brotes y raíces, hace posible la micropropagación y la regeneración de plantas a partir de células y tejidos seleccionados, la regeneración de brotes adventicios a partir de tejidos foliares, que darán lugar a nuevos brotes, es un modelo que se ha utilizado con mucha frecuencia en cultivo in vitro, las hojas forman un callo desorganizado que evoluciona y da como resultado la formación del ápice meristemático, partiendo del callo como un tejido esponjoso, algunas áreas muestran células compactadas que después se recubren por una capa similar a una cutícula y luego se convierten en células epidérmicas, finalmente, las divisiones celulares en la epidermis y en las capas celulares inmediatas dan lugar a una estructura de ápice meristemático (Digital 2019).

2.2.8 Cultivos de callos

Las plantas pueden ser producidas por medio del cultivo de callos a través de dos procesos: la organogénesis indirecta y embriogénesis indirecta, la embriogénesis indirecta es la formación de un embrión vegetal a partir de tejidos de callo derivados de explantes, mientras que la organogénesis indirecta es la formación de órganos vegetales in vitro como raíces, tallos y otros, que también tienen que pasar por una etapa intermedia 19 llamada callo, bajo ciertas condiciones nutritivas y hormonales, partes como órganos y tejidos (explantes) son capaces de diferenciar sus células y reiniciar su crecimiento por división celular, en

condiciones *in vitro*, gracias a estas técnicas de micropropagación vegetal podemos obtener una planta completa a partir de una parte de ella (Karen 2019).

2.2.9 Importancia de la biotecnología en el cultivo *in vitro* de plátano

El cultivo *in vitro* de ápices de plátano constituye un método de propagación asexual eficaz que permite una rápida multiplicación en gran escala a partir de una sola planta, la propagación puede realizarse durante todo el año y ser programada para facilitar la disponibilidad de material de siembra, permitiendo también la conservación y el intercambio internacional de germoplasma, las plantas propagadas a través de este método son fuente de material de siembra sano, que están libres de bacterias, hongos y nematodos a diferencia de las plantas multiplicadas con el sistema tradicional (Macías y Sotomayor 1994).

La propagación *in vitro* es una técnica que permite la propagación masiva en condiciones asépticas y controladas. Esta tecnología nos da la ventaja de obtener plantas uniformes y libres de patógenos (Carrión 2020).

La reproducción *in vitro* es un método adecuado para la propagación masiva de plantas, esta técnica permite y garantiza una efectividad para la exportación comercial de genotipos seleccionados de musáceas (Canchignia *et al.* 2008).

2.2.10 Medio de cultivo *in vitro*

El medio de cultivo más usado para el plátano es el de Murashige y Skoog, , debido a sus resultados combinado con el BAP se obtuvo un mayor número de brotes por meristema (Carrión 2020).

Los tejidos vegetales en crecimiento en el laboratorio pueden abarcar cultivo de semillas, meristemas, callos y brotes, y requieren medios especializados para cultivo vegetal, los medios Murashige y Skoog y el medio de Gamborg B5 son dos de las formulaciones de medios más esenciales utilizadas para cultivar plantas, estos medios contienen todos los micronutrientes y macronutrientes, vitaminas, suplementos orgánicos y reguladores del crecimiento vegetal necesarios para el

crecimiento y la multiplicación *in vitro* de células, tejidos y órganos vegetales (Merck 2024).

2.2.11 Medio de cultivo MS

El éxito del cultivo de tejidos de plantas depende en gran medida del medio nutriente adecuado. El medio Murashige-Skoog (MS) reúne los requerimientos nutricionales necesarios para la mayoría de las especies vegetales y ha sido ampliamente utilizado en la preparación de mezclas comerciales (Rodríguez *et al.* 2004).

El medio Murashige y Skoog (MS) (1962) es el medio de cultivo de tejidos base más adecuado y más comúnmente empleado para regeneración de plantas a partir de tejidos y callos, este medio fue desarrollado para desarrollar plantas de tabaco y está basado principalmente sobre los análisis de minerales obtenidos de tejidos de la planta de tabaco, este medio es "alto en sales", debido al contenido de sales de K y N (UNADM 2003).

El medio Linsmaier y Skoog (1965) es básicamente el medio de Murashige y Skoog (MS) (1962) con respecto a sus porciones inorgánicas, en donde solo el inositol y la tiamina HCl (tiamina clorhidrato) quedan entre los componentes orgánicos. Para contrarrestar la sensibilidad a las sales de algunas especies leñosas, Lloyd y McCow (1980) desarrollando el medio para plantas leñosas (WPM) (UNADM 2003).

2.2.12 Contaminación en cultivo *in vitro*

La contaminación microbiana es uno de los problemas más graves en la micropropagación de especies vegetales a nivel mundial, produce cuantiosas pérdidas de material, tanto en los trabajos de investigación como en la micropropagación comercial, puede ser por microorganismos que colonizan la superficie o el interior del explante y por microorganismos introducidos durante la manipulación en el laboratorio, los contaminantes más frecuentes en condiciones *in vitro* son los hongos, las bacterias y levaduras, denominados "vitropatógenos", aunque también existen otros menos frecuentes como los virus, viroides y microartrópodos (Hernández y González 2010).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Conforme al presente estudio, el enfoque utilizado es una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, basado en los datos obtenidos durante el trabajo experimental en el laboratorio. Por lo tanto, se ha optado por un diseño de análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis incluyendo sus comparaciones de medias, que resulta ser el más adecuado para el tipo de investigación llevada a cabo. Este diseño experimental incluyó 5 repeticiones y 3 tratamientos incluyendo al grupo testigo.

3.2 Operacionalización de variables.

Cuadro 1: Cuadro de Operacionalización de variables

	Tipo de variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Tipo de medición	Instrumentos de medición
Independiente	Posición de siembra.	Los explantes se colocaron en diferentes posiciones en el medio de cultivo, designados como vertical, horizontal y vertical opuesto.	Determinar los efectos que tienen las posiciones de siembra en el medio de cultivo.	Siembra de explante en diferentes posiciones en el medio de cultivo.	Cualitativo	-Observación de datos. -Registro experimental. -Evidencia fotográfica.
Dependiente	Crecimiento y desarrollo de los explantes.	El desarrollo y crecimiento de los explantes de plátano a medida que transcurre el tiempo.	Evaluar la efectividad de las diferentes posiciones de siembra en el medio de cultivo.	Evaluación de crecimiento y desarrollo de los explantes en el medio cultivo en diferente posiciones de siembra.	Cuantitativo	-Observación -Conteo manual. -Evidencia fotográfica. -Escala de referencia.

3.3. Población y muestra

3.3.1 Población. – La cantidad de cormos de plátano a utilizados se calculó de la siguiente forma: se recibieron 175 cormos de plátano, de los cuales se seleccionaron 150. El área de trabajo para manejar esta población de cormos esta ubicada en las cercanías del Laboratorio de Biotecnología.

3.3.2 Muestra. – Dentro del laboratorio, se utilizó un total de 150 muestras, como se explicó previamente. En este caso, se dividió de la siguiente manera: se utilizaron tres tratamientos incluyendo el testigo. Detallando lo mencionado, se sembraron 50 explantes en posición horizontal, 50 explantes en posición vertical descendente y los 50 explantes restantes se designó al testigo sembrados en posición normal. Este último se utilizó como referencia para analizar los niveles de desarrollo y vitalidad de los explantes con diferentes posiciones de siembra en el medio de cultivo.

3.4. Técnicas e instrumento de medición

3.4.1. Técnicas

Las técnicas a empleadas dentro de la metodología se detallan a continuación:

- Se seleccionaron los explantes sanos de plátanos.
- Se desinfectaron los explantes para eliminar cualquier contaminación microbiana superficial, esto generalmente se logra mediante la inmersión en una solución de hipoclorito de sodio y lavados con agua estéril.
 - Se preparó el medio de cultivo MS, este medio se esterilizó para evitar la contaminación microbiana.
 - Se sembraron los explantes desinfectados de los 3 tratamientos en el medio de cultivo utilizando.
 - Los frascos sembrados se colocaron en una cámara de crecimiento con condiciones controladas de temperatura, humedad y luz, esto permite que los explantes crezcan bajo condiciones óptimas y reproducibles.
 - Se registró regularmente el crecimiento de los explantes, incluyendo la longitud, el diámetro y el número de brotes.

3.4.2. Instrumentos y materiales

- Alcohol al 70 y 90%
- Atomizador
- Bandejas de metal o de plástico
- Bisturí
- Cuchillo
- Frascos de 4 oz
- Guantes
- Hipoclorito de sodio
- Mandil
- Marcadores indelebles
- Mascarilla
- Mecheros
- Medio de cultivo (MS)
- Papel aluminio
- Papel esterilizado
- Papel kraft
- Pinzas metálicas
- Pipetas y probetas
- Vasos de precipitación

3.4.3. Equipos

- Autoclave
- Balanza analítica
- Cámara de flujo laminar
- Destilador de agua
- Peachímetro
- Plato calentador agitador

3.5. Procesamiento de datos

3.5.1. Tratamientos

Se analizó el efecto de la posición de siembra en el crecimiento y desarrollo de los explantes *in vitro* de plátano (*Musa AAB*).

Tabla 1: Los tratamientos empleados dentro del estudio

Tratamientos	Descripción
T1	Posición de siembra lateral: Los explantes se colocaron de manera horizontal en el medio de cultivo, con el ápice apuntando hacia un lado.
T2	Posición de siembra vertical descendente: Los explantes se colocaron con el ápice hacia abajo en el medio de cultivo (en sentido geotropismo positivo).
T3 (Testigo)	Posición de siembra vertical ascendente: Los explantes se colocaron con el ápice hacia arriba en el medio de cultivo (en sentido geotropismo negativo).

3.6. Datos a evaluar

3.6.1. Siembra de los explantes

Una vez que los cormos de plátano se prepararon en el laboratorio, se llevaron a un proceso de desinfección minuciosa utilizando una solución de hipoclorito de sodio 10%. Esta etapa es crucial para eliminar cualquier posible contaminación superficial. Tras la desinfección, los cormos se trasladaron a la cámara laminar, un entorno controlado que asegura condiciones estériles. En esta cámara, se procedió a realizar los cortes precisos para extraer los ápices

meristemáticos, los cuales son las estructuras vegetativas jóvenes que se utilizarán para la siembra.

Los ápices meristemáticos extraídos se sembraron en el medio de cultivo, ubicándolos en diferentes posiciones según el diseño experimental establecido. Esto permitió evaluar cómo varía el crecimiento y desarrollo de los explantes en función de su orientación. Al finalizar el proceso de siembra, los explantes se colocaron en el área designada dentro del laboratorio, que está equipada con las condiciones ambientales adecuadas para promover su desarrollo óptimo.

3.6.2 Tiempo de desarrollo de los explantes sembrados en distintas posiciones en comparación con la posición estándar.

Se registrará el período de inicio del desarrollo de los explantes y se evaluará su vitalidad en función del grado de crecimiento que ha alcanzado el explante, asignándoles los siguientes valores:

- Explante sin desarrollo.
- Explantes con desarrollo lento.
- Explantes con desarrollo rápido.

3.6.3 Supervivencia

La tasa de supervivencia de los explantes sembrados en distintas posiciones dentro del medio de cultivo fue un aspecto clave de este estudio. Se llevó a cabo un seguimiento detallado del desarrollo de los explantes en las diferentes posiciones de siembra, incluyendo el tratamiento de control, para gestionar estos datos y determinar el porcentaje de supervivencia. Tras la siembra en el medio de cultivo, se realizó un conteo para evaluar el desarrollo de los explantes y detectar cualquier diferencia significativa en su crecimiento y vigor. Además, se examinó el

porcentaje de explantes que sobrevivieron durante el proceso sin presentar contaminación.

3.7. Aspectos éticos

En el contexto de la investigación científica, el plagio consiste en utilizar ideas o contenidos ajenos como si fueran propios. Es plagio, tanto si obedece a un acto deliberado como a un error. La práctica de aspectos éticos, se garantiza de conformidad en lo establecido en el Código de Ética de la UTB.

Para la aprobación de la UIC, se generará un reporte del software anti-plagio, para garantizar la aplicación de aspectos éticos, con los que el estudiante demostrará honestidad académica, principalmente al momento de redactar su trabajo de investigación. Los docentes actuarán de conformidad a lo establecido en el Código de Ética de la UTB, y demostrarán honestidad académica, principalmente al momento de orientar a sus estudiantes en el desarrollo de la UIC.

Artículo 25.- Criterios de Similitud en la Unidad de Integración Curricular. – En la aplicación del Software anti-plagio se deberá respetar los siguientes criterios:

Porcentaje de 0 al 15%: Muy baja similitud (TEXTO APROBADO)

Porcentaje de 16 al 20%: Baja similitud (Se comunica al autor para corrección)

Porcentaje de 21 al 40%: Alta similitud (Se comunica al autor para revisión con el tutor y corrección)

Porcentaje Mayor del 40%: Muy Alta Similitud (TEXTO REPROBADO)

CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Resultados

4.1.1 Contaminación de explantes

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p > 0,05$), como se presenta en la Tabla 2, resultó no significativo ($p 0,4136$) para la contaminación de los explantes sembrados en las posiciones Horizontal, Vertical y Vertical opuesta.

Tabla 2. Análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$) de la variable contaminación de las tres posiciones de siembra de los explantes de plátano.

Variable	Posición	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
Contaminación	Siembra horizontal	50	0.14	0.35	0.00	2	0.48	0.4136
Contaminación	Siembra vertical	50	0.06	0.24	0.00	2		
Contaminación	Siembra vertical opuesta	50	0.10	0.30	0.00	2		



Figura 5. Contaminación de hongos en el medio de cultivo sembrado en posición horizontal. Babahoyo – Los Rios, 2024

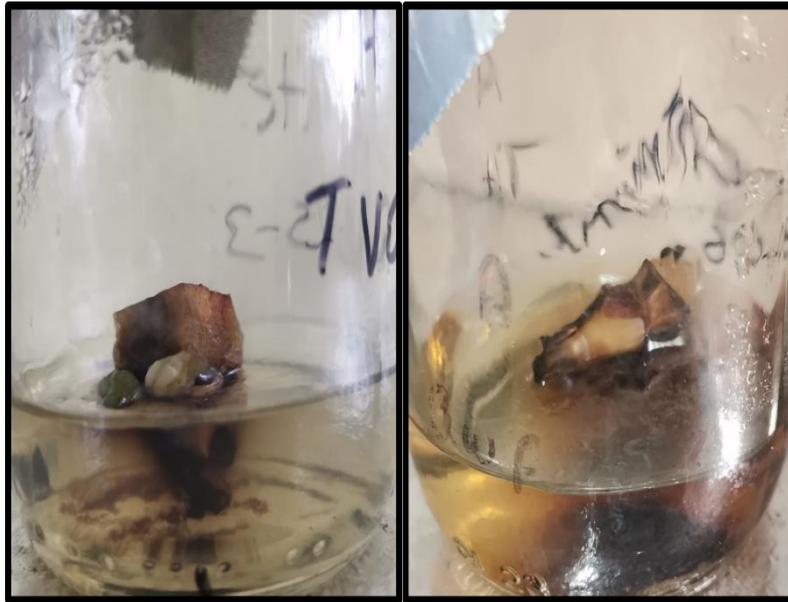


Figura 6. Oxidación en los explantes de plátano presente en los tres tratamientos.

Babahoyo – Los Rios, 2024

4.1.2 Ancho (mm) inicial del explante

El análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$), de acuerdo a lo que se observa en la Tabla 2, resultó altamente significativa ($p < 0,0001$) para el ancho (mm) inicial de los explantes, que fueron estudiados en las posiciones siembra Horizontal, Vertical y Vertical opuesta.

Tabla 3. Análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$) de la variable ancho inicial de los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.

Variable	Posición	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
Ancho inicial (mm)	Siembra horizontal	50	5.93	0.96	6.00	2	23.12	0.0001
Ancho inicial (mm)	Siembra vertical	50	6.89	0.88	7.00			
Ancho inicial (mm)	Siembra vertical opuesta	50	6.98	0.96	7.00			

En lo referente a las comparaciones de Kruskal Wallis (Tabla 3), las tres posiciones de siembra de los explantes de plátano, fueron significativamente diferentes ($p > 0,05$), para lo cual, los explantes sembrados en posición horizontal

presentaron una media de (5,93 mm), mientras que los valores de los explantes sembrados de manera vertical (6,89 mm) y vertical opuesta (6,98 mm) no son significativamente diferentes.

Tabla 4. Comparaciones de Kruskal Wallis de los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.

Tratamientos	Medias	Ranks
Siembra horizontal	5.93	43.19
Siembra vertical	6.89	76.91
Siembra vertical opuesta	6.98	77.40

4.1.3 Ancho (mm) final del explantes

El análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$), según la Tabla 4, muestra que el resultado fue altamente significativo ($p < 0,0001$) en cuanto al ancho (mm) final de los explantes estudiados en las posiciones de siembra Horizontal, Vertical y Vertical opuesto.

Tabla 5. Análisis de varianza mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$) para la variable del ancho final de los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.

Variable	Posición	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
Ancho final (mm)	Siembra horizontal	50	10.58	2.22	11.00	2	27.94	0.0001
Ancho final (mm)	Siembra vertical	50	8.27	1.80	8.00			
Ancho final (mm)	Siembra vertical opuesta	50	9.88	2.69	8.00			

En relación con las comparaciones realizadas con la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 5), las tres posiciones de siembra de los explantes de plátano fueron significativamente diferentes ($p > 0,05$), los explantes sembrados en posición Vertical presentó una media de (8.27 mm), mientras que se observaron diferencia significativa entre los explantes sembrados en posición vertical opuesta (9.88 mm) y horizontal (10.58 mm).

Tabla 6. Comparaciones de Kruskal Wallis del ancho final de los explantes de plátano sembrado en las tres posiciones de siembra.

Tratamientos	Medias	Ranks
Siembra horizontal	8.27	43.74
Siembra vertical	9.88	69.08
Siembra vertical opuesta	10.58	86.21

4.1.4 Crecimiento de los explantes (mm)

El análisis de varianza de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$) indica, según la Tabla 7, que el resultado fue sumamente significativo ($p < 0,0001$) en relación con el crecimiento de los explantes en las distintas posiciones de siembra Horizontal, Vertical y Vertical opuesto.

Tabla 7. Análisis de varianza con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$) para la variable de crecimiento de los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.

Variable	Posición	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
Crecimiento (mm)	Siembra horizontal	50	4.65	2.09	5.00	2	53.55	0.0001
Crecimiento (mm)	Siembra vertical	50	1.38	1.68	1.00			
Crecimiento (mm)	Siembra vertical opuesta	50	2.91	2.24	2.00			

En cuanto a las comparaciones efectuada mediante la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 7), las tres posiciones de siembra de los explantes de plátano mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), los explantes sembrados en posición Vertical tuvieron una media (1.38 mm), mientras que se encontraron diferencia significativa entre los explantes en posición vertical opuesta (2.91 mm) y horizontal (4.65 mm).

Tabla 8. Comparaciones de Kruskal Wallis sobre el crecimiento de los explantes de plátano sembrado en las tres posiciones de siembra.

Tratamientos	Medias	Ranks
Siembra vertical	1.38	36.13
Siembra vertical opuesta	2.91	67.98
Siembra horizontal	4.65	95.28

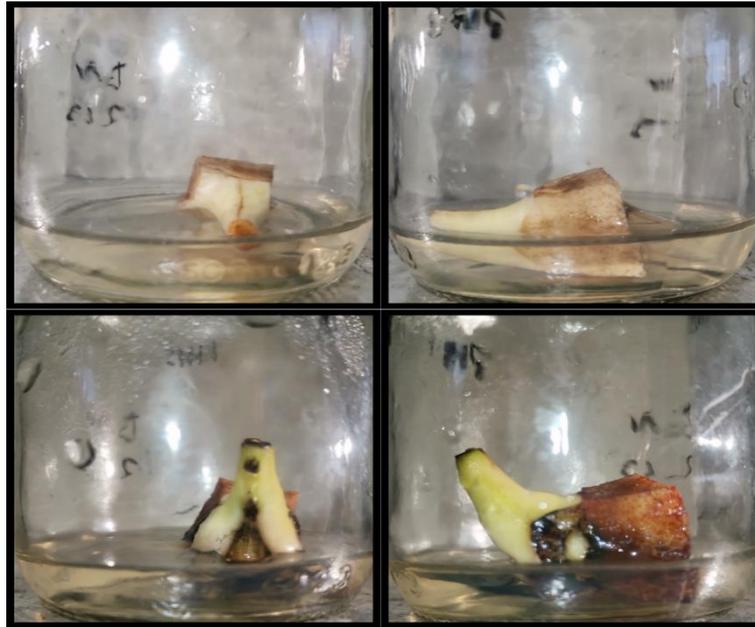


Figura 7. Evolución del explante de plátano en T1 desde el día cero hasta el día 10.

Babahoyo – Los Rios, 2024

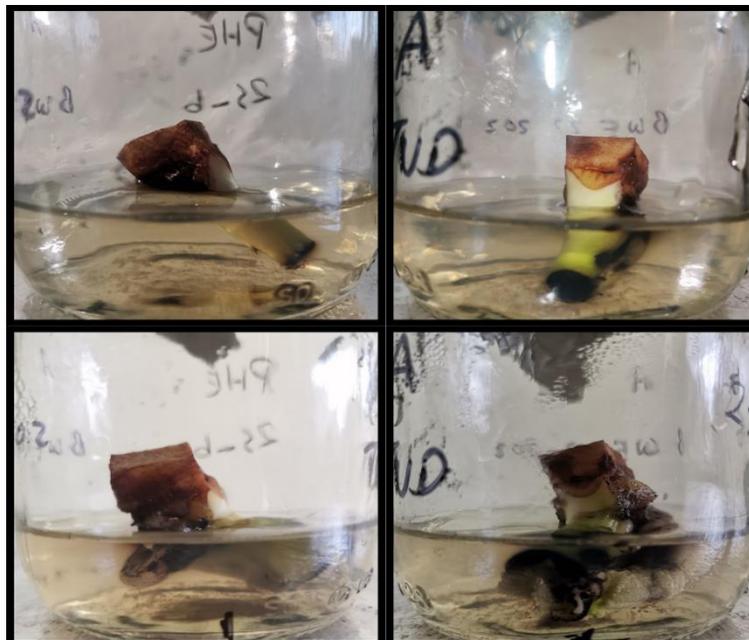


Figura 8. Evolución del explante de plátano en T2 desde el día cero hasta el día 10.

Babahoyo – Los Rios, 2024

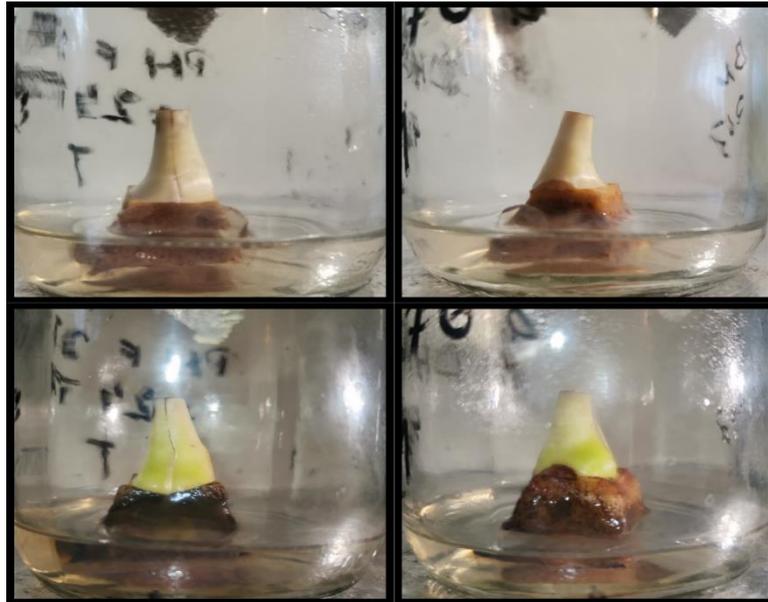


Figura 9. Evolución del explante de plátano en T3 desde el día cero hasta el día 10.

Babahoyo – Los Rios, 2024

4.1.5 Tonalidad verde de los explantes

Según el análisis de varianza con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$) presentado en la Tabla 8, el resultado fue altamente significativo ($p < 0,0001$) respecto a la presencia de las tonalidades verdes en los explantes situado en las posiciones de siembra Horizontal, Vertical y Vertical opuesto.

Tabla 9. Análisis de varianza con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p > 0,05$) para evaluar la presencia de clorofila en los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.

Variable	Posición	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
Explantes verdes	Siembra horizontal	50	0.86	0.35	1.00	2	20.47	0.0001
Explantes verdes	Siembra vertical	50	0.30	0.47	0.00			
Explantes verdes	Siembra vertical opuesta	50	0.58	0.50	1.00			

En relación con las comparaciones realizada mediante la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 9), se observaron diferencia significativa ($p > 0,05$) entre las tres posiciones de siembra de los explantes de plátano, los explantes sembrados en posición Vertical presentaron una media de 30% con tonalidad verde de los

explantes, mientras que se detectaron diferencia significativa en los valores de los explantes en posición vertical opuesta con 58% y horizontal con 86%.

Tabla 10. Comparaciones de Kruskal Wallis sobre la presencia de clorofila en los explantes de plátano en las tres posiciones de siembra.

Tratamientos	Medias	Ranks
Siembra vertical	0.30	48.59
Siembra vertical opuesta	0.58	66.87
Siembra horizontal	0.86	85.29

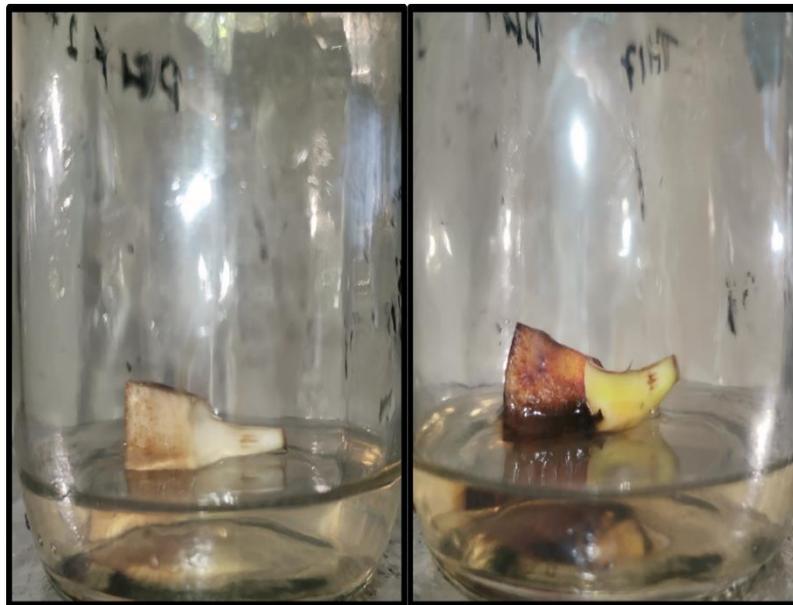


Figura 10. Inspección de la presencia de la tonalidad verde de los explantes de plátano sembrado en posición horizontal. Babahoyo – Los Rios, 2024



Figura 11. Inspección de la presencia de la tonalidad verde en explantes de plátano sembrados en posición vertical opuesta. Babahoyo – Los Rios, 2024

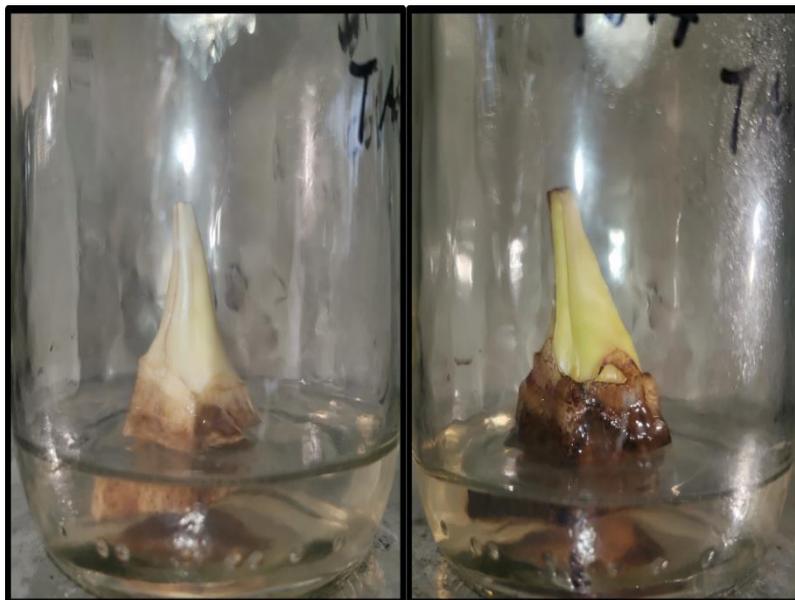


Figura 12. Inspección de la presencia de la tonalidad verde de los explantes de plátano en posición vertical. Babahoyo – Los Rios, 2024

4.2. Discusión

En base a los resultados obtenidos sobre el desarrollo de los explantes de plátano *Hartón*, muestran que los explantes sembrados en las posiciones de siembra, obtiene una media tasa de crecimiento mientras que el testigo, manejan una media a baja tasa de desarrollo del grosor del explantes, además, es importante señalar que el éxito del establecimiento in vitro de los explantes en este experimento se vio limitado, debido al alto desarrollo de los explantes que existió en la siembra horizontal y vertical opuesta.

De acuerdo con el análisis de varianza de Kruskal-Wallis , se observó que el ancho inicial de los explantes fue significativamente diferente ($p < 0,0001$) entre las posiciones de siembra. Los explantes sembrados en posición Horizontal presentaron una media de (5,93 mm), mientras que aquellos en posición Vertical (6,89 mm) y Vertical opuesta (6,98 mm) no mostraron diferencias significativas entre sí. Esto indica que la posición Horizontal resultó en un ancho inicial menor en comparación con las otras dos posiciones, que fueron estadísticamente equivalentes (Tabla 3).

4.2.1 Ancho (mm) Final del Explante

El análisis de varianza realizado mediante la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 4) mostró que el ancho final de los explantes fue extremadamente significativo ($p < 0,0001$) en relación con las posiciones de siembra. Los explantes sembrados en posición Horizontal alcanzaron un ancho final promedio de 10,58 mm, significativamente mayor que los explantes en posición Vertical (8,27 mm) y Vertical opuesta (9,88 mm). Las comparaciones post hoc revelaron que los explantes en posición Horizontal presentaron el mayor ancho final, mientras que las posiciones Vertical y Vertical opuesta no diferían significativamente entre sí (Tabla 5).

4.2.2 Crecimiento (mm) de los explantes

El análisis de varianza con la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 7) reveló diferencias sumamente significativas ($p < 0,0001$) en el crecimiento de los explantes en función de las posiciones de siembra. Los explantes en posición Horizontal mostraron un crecimiento promedio de 4,65 mm, significativamente

mayor que aquellos en posición Vertical (1,38 mm) y Vertical opuesta (2,91 mm). Los resultados indicaron que los explantes en posición Horizontal tuvieron el mayor crecimiento, mientras que los explantes en posición Vertical mostraron el menor crecimiento promedio (Tabla 7).

4.2.3 Presencia de tonalidad verde en los explantes

El análisis de varianza con la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 8) mostró que la presencia de clorofila en los explantes fue extremadamente significativa ($p < 0,0001$) en función de las posiciones de siembra. Los explantes en posición Horizontal presentaron una media de 0,86 en clorofila, significativamente más alta que en las posiciones Vertical (0,30) y Vertical opuesta (0,58). Esto sugiere que la posición Horizontal favorece una mayor presencia de clorofila en los explantes, mientras que las posiciones Vertical y Vertical opuesta mostraron valores menores y comparables entre sí (Tabla 9).

CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El estudio reveló varias conclusiones importantes respecto a la influencia de las posiciones de siembra en las características de los explantes de plátano:

La posición de siembra no mostró un efecto significativo sobre la contaminación de los explantes, sugiriendo que la contaminación no varía de manera notable entre las posiciones Horizontal, Vertical y Vertical opuesta.

Hubo diferencias significativas en el ancho inicial de los explantes dependiendo de la posición de siembra. Los explantes sembrados en posición Horizontal presentaron un ancho inicial menor en comparación con aquellos sembrados en posiciones Vertical y Vertical opuesta, que fueron estadísticamente equivalentes.

El análisis mostró que el ancho final de los explantes fue significativamente mayor en la posición Horizontal en comparación con las posiciones Vertical y Vertical opuesta. Esto sugiere que la posición Horizontal puede ser más favorable para el crecimiento en términos de aumento del ancho final del explante.

La posición de siembra tuvo un impacto considerable en el crecimiento de los explantes. Los explantes en posición Horizontal mostraron un crecimiento significativamente mayor en comparación con los sembrados en posición Vertical y Vertical opuesta, destacando la posición Horizontal como la más beneficiosa para el crecimiento.

La posición de siembra también afectó significativamente la presencia de tonalidades verdes en los explantes. Los explantes en posición Horizontal exhibieron una mayor presencia de tonalidad verde en comparación con las posiciones Vertical y Vertical opuesta, lo que sugiere que la posición Horizontal favorece una mejor pigmentación en los explantes.

5.2. Recomendaciones

Basado en los resultados obtenidos, se recomienda utilizar la posición de siembra Horizontal para los explantes de plátano. Esta posición mostró beneficios significativos en términos de ancho final, crecimiento y presencia de clorofila. Implementar esta práctica puede optimizar el desarrollo de los explantes y mejorar su rendimiento general.

Aunque la posición de siembra no mostró diferencias significativas en la contaminación, es fundamental mantener un riguroso protocolo de esterilización y manejo para minimizar la contaminación en todas las posiciones de siembra. Continuar monitoreando y ajustando las prácticas de manejo puede ayudar a reducir los riesgos de contaminación.

Se sugiere investigar otros factores ambientales y de manejo que podrían influir en el crecimiento y desarrollo de los explantes de plátano, como la luz, la temperatura y la composición del medio de cultivo. Estos factores podrían interactuar con las posiciones de siembra y proporcionar una comprensión más completa de cómo optimizar las condiciones para el cultivo.

Realizar estudios adicionales a largo plazo para confirmar estos hallazgos y evaluar cómo las posiciones de siembra afectan el desarrollo de los explantes a lo largo del tiempo. Esto permitirá una comprensión más profunda y garantizará que las recomendaciones sean efectivas en diferentes condiciones de cultivo.

Capacitar al personal en las mejores prácticas para la siembra y el manejo de explantes puede maximizar los beneficios observados. Asegurarse de que todos los involucrados estén al tanto de las prácticas recomendadas y de los resultados del estudio puede contribuir a la implementación efectiva de las recomendaciones.

Investigar posibles innovaciones o modificaciones en las posiciones de siembra que puedan combinar las ventajas de la posición Horizontal con otras técnicas para lograr aún mejores resultados. Esto podría incluir ajustes en el ángulo de siembra o el uso de soportes especializados para optimizar el desarrollo de los explantes.

REFERENCIAS

- Fernández, F.; Pico, J.; Avellán, B. 2021 Guía para la Producción y Manejo Integrado del Cultivo de Plátano (en línea). 1era Ed. 2021. Guía N° 127. 28p. Consultado 2 jun.2024. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5825>
- Gálvez, E. Elizalde, J. 2021. Multiplicación *in vitro* de plátano (*Musa x paradisiaca* L). (en línea). Tesis. Francisco Morazán, Honduras. Escuela agrícola panamericana, Zamorano departamento de ciencia y producción agropecuaria. 27p. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/150f6bf2-18e5-46d9-879f-53e3d74b70bc/content>
- Carrión, J. 2020. Multiplicación *in vitro* de plátano: Revisión de literatura. (en línea). Tesis. Francisco Morazán, Honduras. Escuela agrícola panamericana, Zamorano. 26p. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1962b588-80b3-4a90-b603-7b6df2385f6c/content>
- Macias, F. Sotomayor, I. 1994. Propagación "in vitro" de musáceas (en línea). INIAP, Estación Experimental Tropical Pichuilingue. Boletín Divulgativo no. 245. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1544>
- Perea, M. 1998. *Consideraciones biotecnológicas para el mejoramiento en musáceas*. (en línea). Corporación colombiana de investigación agropecuaria – CORPOICA. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12324/33154>
- Green Facts. 2004. Cultivos Transgénicos y OMG. (en línea, blog). Ecuador. Consultado 9 junio. 2024. Disponible en <https://www.greenfacts.org/es/omg/3-cultivos-modificados-geneticamente/1-biotecnologia-agricola.htm>

- Herogra Especiales. 2022. La importancia de la biotecnología en la agricultura. (en línea, blog). Granada, España. Consultado 10 junio. 2024. Disponible en <https://herograespeciales.com/la-importancia-de-la-biotecnologia-en-la-agricultura/>
- UTEC. 2019. Cultivo *in vitro* de tejidos vegetales. (en línea, blog). Lima, Peru. Consultado 15 junio 2024. Disponible en <https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/cultivo-vitro-de-tejidos-vegetales>
- Canchignia, H. Sigcha, L. Toaquiza, J. Ramos, L. Saucedo, S. Carranza, M. Cevallos, O. 2008. Alternativas para la Propagación *in vitro* de Plátano variedad Maqueño (*Musa balbisiana* AAB). (en línea). Revista Ciencia y Tecnología, Vol 1. N° 1. 48p. Consultado 11 jun. 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4045248>
- Montserrat, B. 2005. El cultivo *in vitro* en la reproducción vegetativa en plantas de vivero. (en línea). Revista. Horticultura internacional. Disponible en: https://www.horticom.com/Revistasonline/extras/2005/M_Estopa.pdf
- Merck. 2024. Medios de cultivo vegetal. (en línea, blog). Alemania. Consultado 12 jun. 2024. Disponible <https://www.sigmaaldrich.com/EC/es/products/cell-culture-and-analysis/cell-culture-media-and-buffers/plant-culture-media>
- Santos, A. (2010). Diseño de una Cámara de Flujo Laminar Horizontal para la Producción de Plantas *in vitro*. (línea). Tesis. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 163p. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/250>
- Ronquillo, M (2005). Inducción de callogénesis *in vitro* a partir de láminas foliares de *Sansevieria trifasciata*. (En línea). Tesis Ing. Agro. Francisco Morazán, Honduras, Zamorano. 30 p. Consultado 08 ago. 2024. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2239ad4e-c025-46b9-b515-fcb5fe77ad55/content>

Kessel, A. (2008). Aplicación de técnicas biotecnológicas en frutales, una vía valiosa para el rescate y la conservación de estas especies. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 27-37. Consultado 06 ago. 2024. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000300005&lng=es&tlng=es.

Agrotendencia. 2020. Agrotendencia: Cultivo de plátano, manejo y plagas. (en línea). Consultado 10 jun. 2024. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/platano-cultivo-y-manejoagronomico/>

Miguel, R. (2018). Cultivo in vitro: alternativa al cultivo tradicional de plantas medicinales. (En línea). Tesis. Madrid, España, Complutense. 20 p. Consultado 04 ago. 2024. Disponible en <https://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/MIGUEL%20RODRIGUEZ%20AMARO.pdf>

Marisol, F. (2003). Aspectos básicos de la embriogénesis somática. *Biología Vegetal*. (En línea). Consultado 05 ago. 2024. *Biología Vegetal* Vol. 3, No. 4: 195 - 209. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/263>

Marín Velázquez, Juan Antonio CSIC ORCID ; Arbeloa Matute, Arancha CSIC ORCID ; García Martín, Elena CSIC ORCID; Lorente Alonso, María Pilar; Andreu Puyal, Pilar

Digital CSIC. 15 oct. 2019. Organogénesis (En línea). Aragón-España. Consultado 02 ago. 2024. Disponible en <https://digital.csic.es/handle/10261/192626>

Alchimia. 12 jul. 2021. Micropropagación de cannabis (En línea). Girona-España. Consultado 03 ago. 2024. Disponible en <https://www.alchimiaweb.com/blog/micropropagacioncannabis/#Desinfecciondelmaterialvegetal>

Karen, V. (2019). Inducción a callogénesis para la micropropagación de phalaenopsis (orchidaceae). (En línea). Tesis Lcda. Bioq. La Paz, Bolivia, universidad mayor de san andrés facultad de ciencias farmacéuticas y bioquímicas. 101 p. Consultado 06 ago. 2024. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25265/T-1965.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cultesa. 2013. cultivo "in vitro". la revolución en el proceso de producción (En línea). Tacoronte-España. Consultado 01 ago. 2024. Disponible en <https://www.cultesa.com/recomendaciones-de-cultivo-souvenir/>

Merck. 2024. Medios para cultivo vegetal (En línea). Darmstadt-Alemania. Consultado 25 jul. 2024. Disponible en https://www.sigmaaldrich.com/EC/es/products/cell-culture-and-analysis/cell-culture-media-and-buffers/plant-culture-media?srsId=AfmBOorYa76WiN7uLW42_wMy2MPnurzpQ_1UEDrMs6Ct-WwtGb1sWaRb

UNADM. 2003. Cultivo de tejidos vegetales I (En línea). Ciudad de México, Mexico, UNADM. 36 p. Consultado 02 ago. 2024. Disponible en https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE2/BI/06/BCTV1/unidad_02/descargables/BCTV1_U2_Contenido.pdf

Rodríguez, A; Rodríguez, A; Quintero, S; Torres, M; Fundora, Z. 2004. INFLUENCIA DE LOS MEDIOS DE CULTIVO EN LA MICROPROPAGACIÓN DE PLÁTANO (*Musa spp.*) Y MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium Schott.*). Cultivos Tropicales (En línea). La Habana, Cuba, INCA. 25(1), 23-26. Consultado 03 ago. 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193230179004>

Hernández, Y; González, M. 2010. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIANA Y OXIDACIÓN FENÓLICA EN EL ESTABLECIMIENTO *In Vitro* DE FRUTALES PERENNES. *Cultivos Tropicales*. 31(4). (En línea). Consultado 05 ago. 2024. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000400015&lng=es&tlng=es

Chila, V. Maridalia, G. Bravo, M. Eloísa, G (2023). Estilos de liderazgo en los gerentes de agronegocios dedicados a la producción de plátano (MUSA AAB) adscritos a la empresa Agrocaribe. (En línea). Tesis LADE. Calceta, Manabí, Ecuador, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 104 p. Consultado 04 ago. 2024. Disponible en https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/2319/TIC_AE55D.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS



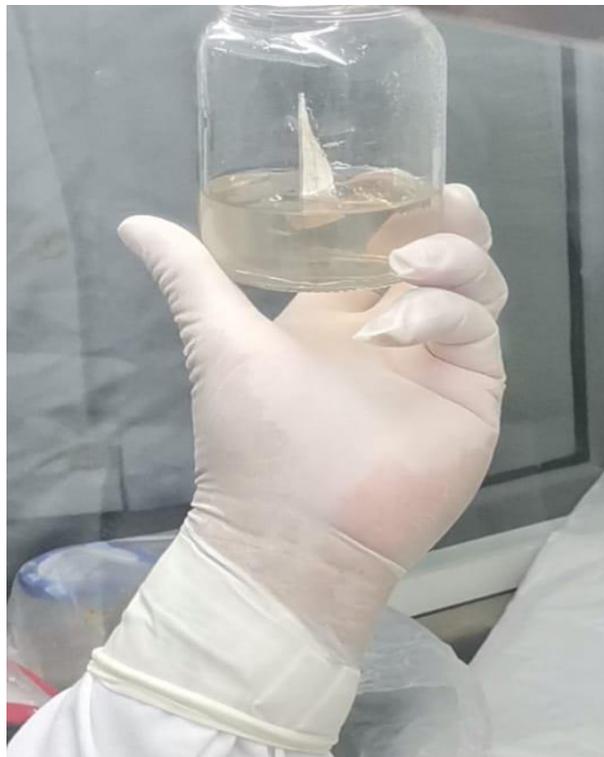
Anexo 1: Preparación de medio de cultivo MS. Babahoyo – Los Rios, 2024



Anexo 2: Cortes respectivo para obtener el ápice. Babahoyo – Los Rios, 2024



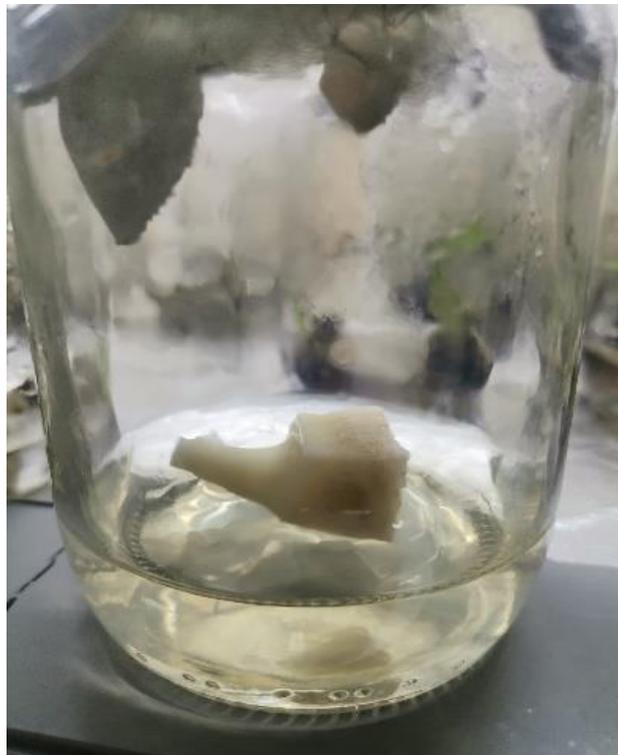
Anexo 3: Siembra del ápice plátano en el medio de cultivo. Babahoyo – Los Rios, 2024



Anexo 4: Ápice sembrado en un medio de cultivo. Babahoyo – Los Rios, 2024



Anexo 5: Siembra en posición vertical. Babahoyo – Los Rios, 2024



Anexo 6: Siembra en posición horizontal. Babahoyo – Los Rios, 2024



Anexo 7: Siembra en posición de vertical opuesto. Babahoyo – Los Rios, 2024