

**EFFECTO DEL CORTE LONGITUDINAL DEL MERISTEMO DURANTE EL  
ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE EXPLANTES DE PLÁTANO (*Musa* AAB,  
*Simmonds cv Harton*)**

**KELLY JOHANNA TATIS PERNETT**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
MONTERÍA  
2023**

**EFFECTO DEL CORTE LONGITUDINAL DEL MERISTEMO DURANTE EL ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE EXPLANTES DE PLÁTANO (*Musa* AAB, *Simmonds cv Harton*)**

**KELLY JOHANNA TATIS PERNETT**

**Trabajo de grado, modalidad de Pasantía, presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.**

**ASESOR DOCENTE:  
ISIDRO SUAREZ PADRON, Ing. Agrón., (M. Sc-PhD)**

**ASESOR EN LA EMPRESA:  
MARLEDIS AVILA ORTEGA, Ing. Agrón.**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
MONTERÍA - CÓRDOBA  
2023**

**La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto serán responsabilidad del autor.**

**Artículo 17, acuerdo No. 039 del 24 de junio de 2005 del Consejo Superior de la Universidad de Córdoba.**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Isidro Suarez Padrón, Ing. Agrón, PhD. Asesor

---

Janer Polo Santos, Ing. Agrón, M.Sc. Jurado

---

Marledis Ávila Ortega, Ing. Agrón, M.Sc. Asesor empresa y Jurado

Montería – 00/00/00

## **DEDICATORIA**

Este proyecto concluye una de las muchas etapas importantes en mi vida, quiero dedicar este trabajo principalmente a Dios por guiarme, brindarme sabiduría, bendecirme en este largo camino y por permitirme llegar a este punto para formarme como una profesional.

Dedico este trabajo a mis padres quienes han sido mi mayor apoyo, mi madre quien siempre ha sido mi más grande apoyo en los tiempos de angustia y mis estados de estrés, a mi padre, quien me ha enseñado que cada día puedo superarme cada vez más y puedo lograr todo lo que me proponga en la vida.

A mis hermanos y a mi compañero de cuatro patas por ofrecerme su apoyo y distraerme un poco en mis momentos de estrés.

A mi segunda madre Ady, quien siempre me ofreció su apoyo y acompañamiento estando lejos de mi familia antes y durante mis estudios.

A toda mi familia, por haberme formado como una persona integra, con valores y principios que me han ayudado a alcanzar cada una de mis metas y ésta próxima a cumplir.

***Kelly Johana Tatis Pernet***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por permitirme llegar hasta aquí, por bendecirme, darme sabiduría y mucha fortaleza a lo largo de todo este proceso, permitirme terminar mi carrera universitaria y así empezar mi vida profesional.

A mi madre María Pernet y mi padre Oscar Tatis por todo su apoyo en cada momento en el que me impulsaron a continuar hasta finalizar este proceso.

A la Universidad de Córdoba, a mis profesores, a todo el cuerpo de docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, gracias por darme la oportunidad de ser participe en el desarrollo de este gran proyecto en conjunto con un gran equipo de trabajo, permitiéndome expandir mis conocimientos y poner en práctica lo aprendido en todo el transcurso de mi carrera.

A mis profesores José Barrera y Dairo Pérez, quienes durante toda mi carrera y el desarrollo de este proyecto me brindaron su apoyo y creyeron desde el principio en mis capacidades y por guiarme cuando me encontraba confundida.

A mi tutor, profesor Isidro Suarez por su acompañamiento y apoyo en el desarrollo de este proyecto, gracias por creer siempre en mí y en mis capacidades.

A mi tutor por parte de la empresa, Ingeniera Marledis Ávila por brindarme su confianza, su apoyo, la experiencia y el aprendizaje adquirido.

A mi amigo Domingo Hernández quien me guio y aconsejó en los momentos complicados y de estrés desde el inicio de mi vida universitaria, así como también estuvo en el inicio de este proyecto que permite culminar en mi esta etapa práctica dando comienzo a mi vida profesional.

A mis amigas Eva Cantero y Alis Arias, quienes siempre estuvieron conmigo, brindándome todo su apoyo desde los momentos de tristeza y estrés hasta los momentos de emoción y felicidad, gracias por estar conmigo siempre las quiero.

A Diego Jaramillo, por apoyarme, creer en mí y estar conmigo durante el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos Ingris Torres, Paola Berrio y a todos aquellos que fueron parte de toda mi vida universitaria, por su apoyo y amistad.

A cada uno de ustedes Dios los bendiga, gracias por apoyarme y ser parte de esto.

***Kelly Johana Tatis Pernet***

## CONTENIDO

	<b>pág</b>
INTRODUCCIÓN.....	13
1. RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA .....	16
1.1 MISIÓN .....	18
1.2 VISIÓN.....	18
2. OBJETIVOS .....	19
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. MARCO TEORICO.....	20
3.1 CARACTERISTICAS DE LA MICROPROPAGACIÓN .....	20
3.2 PROCESO DE ESTABLECIMIENTO .....	21
3.3 PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN.....	22
4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS .....	24
4.1 SELECCIÓN DE COLINOS O CORMOS EN CAMPO.....	24
4.2 AISLAMIENTO Y DESINFECCIÓN.....	25
4.3 INTRODUCCIÓN DE EXPLANTES A NIVEL <i>IN VITRO</i> .....	26
4.4 EVALUACIÓN DE CORTES LONGITUDINALES EN EL EXPLANTE .....	27
5. CONCLUSIONES.....	31
6. RECOMENDACIONES .....	32
REFERENCIAS .....	33
ANEXOS.....	36

## LISTADO DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la brotación en función de los tratamientos	<b>28</b>
<b>Tabla 2.</b> Promedios de rangos de brotación en función de los tratamientos	<b>28</b>
<b>Tabla 3.</b> Resultados de numero de explantes que emitieron brotes y el porcentaje de brotación para cada tratamiento.	<b>29</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Esquema del proceso de micropropagación.	<b>20</b>
<b>Figura 2.</b> Explantes meristemáticos de plátanos contaminados por bacterias.	<b>22</b>
<b>Figura 3.</b> Selección y extracción de colinos de material vegetal en campo	<b>25</b>
<b>Figura 4.</b> Proceso de aislamiento y desinfección de explantes para su introducción a nivel in vitro. A) Reducción de colinos a 10 cm; B) Lavado de colinos; C) Reducción de colinos a 6cm D) proceso de lavado de explantes; E) Reducción de explantes a 3.5 cm; F) Explantes sumergidos en solución de NaClO dentro de la Cámara de flujo laminar; G) Retiro de la capa superficial del explante; H) Introducción de explantes en Cámara de flujo laminar; I) Explante establecido en el medio de cultivo.	<b>26</b>
<b>Figura 5.</b> Introducción de explantes en medios de cultivos. A) introducción y aplicación de cortes en los explantes; B) Establecimiento de explantes en el medio de cultivo	<b>27</b>
<b>Figura 6.</b> Brotes emitidos entre el tratamiento dos y tratamiento uno.	<b>29</b>
<b>Figura 7.</b> Evidencia de tratamientos sin brotes emitidos.	<b>30</b>

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A:</b> Preparación de medios de cultivo	36
<b>Anexo B:</b> Aplicación de cortes en los diferentes tratamientos	36
<b>Anexo C:</b> A) Seguimiento de explantes; B) Seguimiento a brotes emitidos	36
<b>Anexo D:</b> A) Meristemo con un corte longitudinal abarcando el diámetro del explante; B) Necrosamiento en corte longitudinal por alto contenido de fenoles; C) Brote emitido por el explante.	37
<b>Anexo E:</b> A) Meristemo con dos cortes diametrales perpendiculares en forma de cruz; B) Brote emitido por explante.	37

## RESUMEN

En Colombia el cultivo de plátano es de gran importancia y el más prometedor del país, pues se da en todas las regiones y a lo largo de todo el año, aunque es un fruto que se da en todo el territorio y durante todo el año su producción es principalmente para el consumo interno. Este cultivo representa cerca del 50% del área sembrada en el país con aproximadamente 500 mil hectáreas cultivadas y es de gran importancia socioeconómica en Colombia, porque genera 35.000 empleos directos y 110.000 indirectos al año y por ser uno de los componentes básicos de la canasta familiar, este se ve reflejado en el alto consumo per cápita de 155 kg/año. El desarrollo de este trabajo de investigación consistió en evaluar los efectos que tienen los diferentes cortes longitudinales aplicados en un explante de plátano. En este proceso se llevó a cabo la aplicación de tres tipos de cortes longitudinales en un explante de plátano durante su establecimiento *in vitro*, esto se realizó con el fin obtener un mayor número de brotes por cada explante establecido. Este trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal ubicado en la Universidad de Córdoba, en la ciudad de Montería. Se obtuvieron resultados significativos entre los tratamientos establecidos.

**Palabras clave:** Medio de cultivo, producción, cultivares, tejidos vegetales, crecimiento aséptico.

## **ABSTRACT**

In Colombia, banana cultivation is of great importance and the most promising in the country, since it occurs in all regions and throughout the year, although it is a fruit that occurs throughout the territory and throughout the year its production. It is mainly for domestic consumption. This crop represents about 50% of the planted area in the country with approximately 500,000 cultivated hectares and is of great socioeconomic importance in Colombia, because it generates 35,000 direct jobs and 110,000 indirect jobs per year and because it is one of the basic components of the family basket, this is reflected in the high per capita consumption of 155 kg/year. The development of this research work consisted in evaluating the effects of the different longitudinal cuts applied to a banana explant. In this process, the application of three types of longitudinal cuts was carried out in a plantain explant during its in vitro establishment, this was done in order to obtain a greater number of shoots for each established explant. This work was carried out at the Plant Biotechnology Laboratory located at the University of Córdoba, in the city of Montería. Significant results were obtained between the established treatments.

Keywords: Culture medium, production, cultivars, plant tissues, aseptic growth.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia el cultivo de plátano es de gran importancia y el más prometedor del país, pues se da en todas las regiones y a lo largo de todo el año, aunque su producción es principalmente para el consumo interno. Este representa cerca del 50% del área sembrada en el país con aproximadamente 500 mil hectáreas cultivadas (Porrás, 2019).

Los clones más cultivados a nivel nacional son: Dominico hartón (*Musa* AAB Simmonds), Hartón, Dominico y Cachaco. Aunque en algunas regiones del Tolima y el Huila se cultiva mucho el clon “Cachaco”, ya que este es muy apetecido porque también su hoja puede ser comercializada (MINAGRICULTURA, 2018).

Este cultivo es de gran importancia socioeconómica en Colombia, porque genera 35.000 empleos directos y 110.000 indirectos al año y por ser uno de los componentes básicos de la canasta familiar, este se ve reflejado en el alto consumo per cápita de 155 kg/año (Barrera, *et al.*, 2011).

A nivel mundial Colombia ocupa el 5 lugar en producción para el cultivo de plátano, en África se concentra el 60% de la producción mundial con cerca de 24 millones de ton, seguido de América con un 27%, registrando 10,5 millones de ton; a nivel mundial el rendimiento de este cultivo presenta un mayor porcentaje en República Dominicana con indicadores de 21,7 ton/ha, Colombia ocupa el séptimo lugar a nivel de rendimiento mundial con 8,8 ton/ha (MINAGRICULTURA, 2021).

En Colombia para el año 2021 se tuvo un total 469.721 ha de área sembrada en plátano, teniendo a Antioquia como principal departamento con 53.883,42 ha, le siguen Arauca con 39.485 ha, Chocó con 32.552,1 ha, Córdoba con 30.532,5 ha, Huila con 30.170,6 ha, Valle del Cauca con 29.339,41 ha, Quindío con 26.674,2 ha, y Meta con 25.175,27 ha; Para este mismo año la producción total del cultivo a nivel nacional fue de 4.370.752 ton de plátano, teniendo a Arauca como principal departamento productor del cultivo con 876.291 ton, seguido de Meta con 397.474 ton, Antioquia con 384.283 ton, Córdoba con 301.400 ton, Chocó con 288.137 ton, Caldas con 276.592 ton y Valle del Cauca con 271.042 ton (EVAs, 2021).

En el departamento de Córdoba el área total sembrada para el cultivo de plátano en el año 2021 fue de 30.533 ha y la producción anual para este periodo fue 301.400 ton, el principal municipio productor para este departamento es Moñitos con 65.995 ton de plátano, seguido de Lórica con 52.392 ton, Tierralta con 48.000 ton, Canalete con 36.390 ton, Puerto Escondido con 27.958 ton y Los Córdoba con 27.360 ton (EVAs, 2021).

El plátano (*Musa*- AAB Simmonds) es una planta herbácea perteneciente a la familia de las musáceas esta posee grandes dimensiones, alcanza una altura de 2 a 3 m y un fuste de unos 20 cm de diámetro, esta formado por las vainas de las hojas, las

cuales se encuentran enrolladas apretadamente unas sobre otras y terminadas en un amplio limbo, de unos 2 m de longitud y unos 30 cm de anchura, redondeadas en su ápice. Este conjunto de hojas conforman el penacho o copa de la planta. Su fruto es comestible, tiene forma de una baya alargada, con un tamaño aproximado de 10 a 15 cm de longitud, es algo encorvada con una corteza lisa y amarilla (Restrepo, 2016).

El plátano tradicionalmente se siembra por medio del uso de cormos, para esto lo primero que se realiza es la selección de las plantas madres que cumplen con las características ideales, luego de su identificación se cosechan los cormos, se realiza la limpieza y desinfección, es decir se remueven las raíces y el exceso de tierra que traen adheridos al momento de su extracción, posteriormente, se llevan al terreno destinado para ser sembrados, teniendo en cuenta que la parte superior del cormo debe quedar al ras del suelo. Para el momento de su establecimiento se debe tener en cuenta el tamaño, si los cormos recolectados son grandes pueden ser llevados directamente a campo, pero si estos son pequeños se les da un manejo diferente hasta que logren producir la plántula para ser llevados al campo definitivo (Coto, 2009).

El cultivo *in vitro* de tejidos vegetales se define como el crecimiento aséptico de plantas o partes de estas en recipientes de vidrio o plásticos, en medios de cultivos artificiales asépticos bajo condiciones de luz y temperatura controlada (Suárez, 2020).

Según ha indicado la investigadora Rocío Margarita Agámez, *“Las principales ventajas que tiene este proceso es que, primero no hay estacionalidad, es decir que la producción de semillas es constante y se puede hacer en cualquier momento del año, segundo las semillas obtenidas son de alta calidad fitosanitaria, pues estas son libres de enfermedades ya que la estructura que se toma para propagación es el meristemo, tercero son semillas con mayor productividad y calidad en el producto cosechado y la reducción en los costos de producción, ya que es parte de semilla sana y con altos rendimientos”* (Cardona, 2018).

En el proceso de multiplicación *in vitro* para el cultivo de plátano se involucran etapas como la selección del material genético, donde se identifican las plantas que posee un mejor comportamiento agronómico, se realiza la extracción del cormo para la obtención de los meristemas, estos son establecidos bajo condiciones estériles en los laboratorios de micropropagación. Una vez se encuentran establecidos *in vitro*, los materiales son indexados y certificados para garantizar su calidad (Cardona, 2018).

En el presente proyecto se describen las actividades que se realizaron para la evaluación de tres formas de establecimiento de un explante de plátano a nivel *in vitro*, como aportes a la actividad 4, Reorientar los procesos de producción de plátano en base a semillas mejoradas, en el marco del proyecto de seguridad

alimentaria denominado “*Fortalecimiento de procesos de transferencia y apropiación tecnológica y conocimiento para atender problemas asociados a la reactivación económica y seguridad alimentaria derivadas de la emergencia causada por el COVID 19 en el departamento de Córdoba*” identificado con código BPIN2020000100757.

En el presente trabajo se evaluaron los efectos que tienen los diferentes tipos de cortes sobre un explante de plátano, para esto se utilizaron 3 diferentes métodos, los cuales son: un establecimiento sin cortes longitudinales ( $T_0$ ), un establecimiento con corte longitudinal el cual abarque el diámetro del explante ( $T_1$ ), y un establecimiento con dos cortes diametrales perpendiculares en forma de cruz ( $T_2$ ). La aplicación de estos tres tipos de cortes se realizó con la finalidad de obtener más de un brote en cada explante de plátano. Con los resultados obtenidos se espera que a partir de los cortes establecidos en cada tratamiento se puedan obtener diferencias significativas en el número de brotes por explante de plátano. La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal ubicado en la Universidad de Córdoba, en la ciudad de Montería. En las investigaciones actuales sobre explantes de plátano *in vitro* no se ha encontrado estudios recientes sobre el uso de técnicas de corte de explantes para aumentar la pudrición de brotes por explante de plátano; Dando gran valor e importancia a la presente investigación sobre técnicas de corte de explantes de plátano.

## 1. RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA

Según se refiere en la página web de la Universidad de Córdoba, “A finales de la década de los años 50 y principios del 60 el bacteriólogo Elías Bechara Zainum presentó la idea de crear una institución que permitiera el ingreso a la educación superior de los jóvenes bachilleres del departamento de Córdoba para su formación profesional, que por sus escasos recursos económicos no podían viajar a otras regiones del país a continuar sus estudios.”

“Con el apoyo desinteresado de un grupo de profesionales, entre los que se destacan el médico veterinario Julio César Cervantes Lagares y los ingenieros agrónomos Limberto Sáenz Alarcón y Hernando Rodríguez Romero, comenzó a perfilarse la creación de una universidad con vocación agropecuaria, teniendo en cuenta que en Córdoba la agricultura y la ganadería han sido los renglones más importantes en la actividad económica, por tanto, este hecho se convirtió en el primer referente para que las primeras facultades fueran las de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria y Zootecnia. Las dos facultades fueron creadas según la Ley 103 de 1962.”

La Facultad de Ciencias Agrícolas, el Programa de Ingeniería Agronómica tiene alrededor de 32 documentos sobre investigaciones asociadas al cultivo de plátano; en los documentos antes mencionados no se halló referencias acerca de evaluaciones *in vitro* en el cultivo de plátano (UNICORDOBA, 2022).

En la Universidad de Córdoba se desarrolló el proyecto de seguridad alimentaria denominado “*Fortalecimiento de Procesos de Transferencia y Apropiación Tecnológica y Conocimiento Para Atender Problemas Asociados a la Reactivación Económica y Seguridad Alimentaria Derivadas de la Emergencia causada por el Covid-19 en el Departamento de Córdoba*” identificado con código BPIN2020000100757, de acuerdo con lo establecido, el proyecto fue financiado con recursos del Sistema General de Regalías, donde cerca de 3.149 familias ubicadas en los 13 de los 30 municipios en el departamento de Córdoba como: Montelíbano, Lórica, Canalete, Moñitos, Tierralta, Valencia, Montería, Cereté, Tuchín, Chinú, Planeta Rica, Chimá y Cotorra serían los beneficiados con este proyecto, a través de los procesos de transferencia de conocimiento y tecnología en temas de producción ovina, prácticas piscícolas, cultivos de hortalizas y plátano e inseminación artificial en ganado Doble Propósito.

Para la selección de los municipios beneficiarios con esta iniciativa, se tuvo en cuenta las zonas más afectadas por la pandemia generada por el COVID-19 y jurisdicciones que hacen parte de los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET).

Una de las actividades que se llevó a cabo para este proyecto fue la implementación de acciones contempladas por la cadena productiva de plátano en seis municipios

con vocación para este cultivo (Montelíbano, Lórica, Canalete, Moñitos, Tierralta y Valencia). Para el desarrollo de este componente se seleccionaron 20 beneficiados de asociaciones productoras, a quienes se les suministró semilla de genotipos priorizados y libre de enfermedades multiplicadas en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Universidad de Córdoba. Se estableció en cada municipio una (1) hectárea con riego para la distribución de la semilla en la población de la región.

## **1.1 MISIÓN**

La Universidad de Córdoba es una institución pública de educación superior que forma integralmente ciudadanos capaces de interactuar en un mundo globalizado, con el fin de contribuir a la transformación, innovación y desarrollo sostenible de la sociedad en el ámbito regional, nacional e internacional desde las ciencias básicas, agropecuarias, las ciencias aplicadas e ingenierías, las ciencias sociales, administrativas, jurídicas, humanas, educación y la salud. Así mismo, realiza procesos de investigación y proyección social, se fundamenta en la idoneidad académica y promueve la calidad, la innovación, el emprendimiento, la inclusión, el humanismo y los valores éticos.

## **1.2 VISIÓN**

En el 2031, la Universidad de Córdoba será un referente de alta calidad con pertinencia e innovación en sus programas académicos, aportes científicos, culturales, por el fomento de la interdisciplinariedad, el humanismo, el desarrollo sostenible y buen gobierno, que le permite desarrollar sinergias estratégicas y soluciones viables, a las necesidades de la sociedad en un contexto dinámico.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de tres diferentes cortes longitudinales aplicados en los explantes meristemáticos de plátano (*Musa* AAB, Simmonds), durante su establecimiento *in vitro*.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

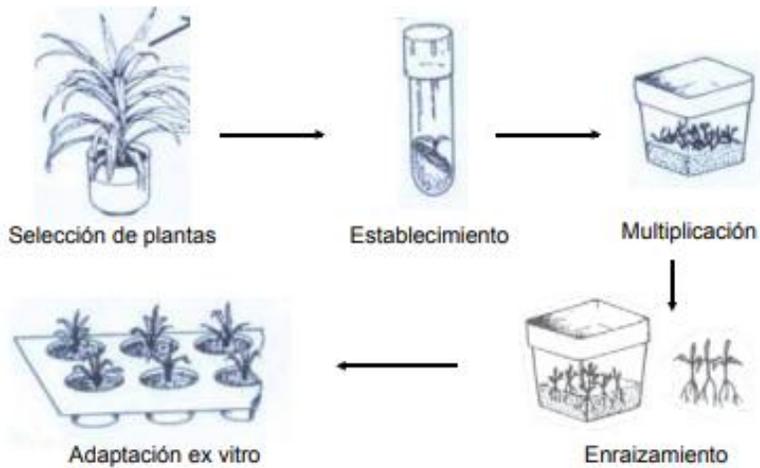
- Seleccionar el material vegetal adecuado para establecer en condiciones *in vitro*.
- Aislar y desinfectar los explantes seleccionados para su establecimiento.
- Determinar el mejor corte en el explante sobre la producción de brotes *in vitro*.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 CARACTERISTICAS DE LA MICROPROPAGACIÓN

La micropropagación es un proceso (Figura 1), que consiste en la producción de plántulas con características similares a la planta donante en un ambiente controlado a través de un medio artificial (Galan, *et al.*, 2018). A través de la micropropagación se pueden obtener desde 500 a 1000 plantas mediante un solo meristemo, sin embargo, actualmente mediante el uso de la propagación masiva es posible obtener mínimo 1000 plantas, esto se debe a los diversos reguladores de crecimiento que se emplean en el medio de cultivo (Valle, 2021).

**Figura 1.** Esquema del proceso de micropropagación



**Fuente:** (Suárez, 2020).

La propagación de plantas a nivel *in vitro* tiene algunas características que la hacen más difícil que la propagación convencional de plantas e incluso mucho más difícil de realizar sin tener un estricto cumplimiento de ciertas condiciones.

La micropropagación tiene características muy esenciales como son el control estricto de las condiciones ambientales, los propágulos (explantes) utilizados son pequeños, las plantas crecen de manera heterótrofa y la estructura física que se necesita es muy compleja ya que requiere de unos costos iniciales altos y una mano de obra que se encuentre altamente capacitada (Suárez, 2020).

Por otro lado, la propagación *in vitro* permite la conservación de plantas que se encuentren en peligro de extinción y a su vez el almacenamiento de tejido vegetal a largo plazo (Garzón & Ramírez, 2020).

Se ha demostrado que producir plántulas de plátano a través de la micropropagación da como resultado un establecimiento más rápido, plantas más fuertes y saludables con un ciclo de producción más corto y presentan un mayor rendimiento en comparación con los métodos convencionales ya que permite cultivar millones de plantas a partir de una sola parte de la planta en un año (Kumar, *et al.*, 2019).

### **3.2 PROCESO DE ESTABLECIMIENTO DE EXPLANTES**

La micropropagación se compone de cinco etapas:

Etapa 0: Hace referencia a la etapa donde se escogen las plantas madre, es decir aquella planta donde se tomarán los explantes.

Etapa 1: Es el establecimiento del cultivo en el medio de cultivo y se mantienen en el cuarto de crecimiento bajo condiciones controladas.

Etapa 2: Consiste en el proceso de multiplicación de los explantes y que a partir de estos se desarrollen numerosos brotes o un tallo alto.

Etapa 3: Va relacionada a la etapa anterior, pero en esta ocasión se agregan reguladores de crecimiento que estimulen el desarrollo y crecimiento de la raíz en los explantes.

Etapa 4: Esta última consiste en el paso de los explantes a un sustrato (arena, turba, lombrinaza, etc.). Para esto es necesario ir cambiando las condiciones ambientales de forma moderada, por eso, es recomendable trasladar a la casa invernadero solo las plántulas que presenten un buen desarrollo radicular donde la luz directa del sol no les afecta (Garzón & Ramírez, 2020).

Actualmente se han llevado a cabo investigaciones de diferentes técnicas y metodologías para la micropropagación *in vitro* de las musáceas, que permitan tener una mayor eficiencia en su establecimiento y lograr una obtención masiva de plántulas útiles (Franco, *et al.*, 2020).

Franco, *et al.*, (2020) realizaron una investigación la cual se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, ubicada en la ciudad de San Lorenzo, Departamento Central, Paraguay, donde se evaluó el efecto de dos concentraciones diferentes de hipoclorito de sodio en la desinfección de meristemos apicales para el establecimiento *in vitro*, los tratamientos fueron: 1) NaClO 5% y 2) NaClO 10%; en sus resultados explican que el mayor porcentaje de sobrevivencia se registró en el tratamiento con hipoclorito de sodio al 10% con un 100% de sobrevivencia y 0% de explantes contaminados y el tratamiento con hipoclorito de sodio al 5% demostró tener una menor sobrevivencia con un 62.5% de explantes viables y un 37.5% de

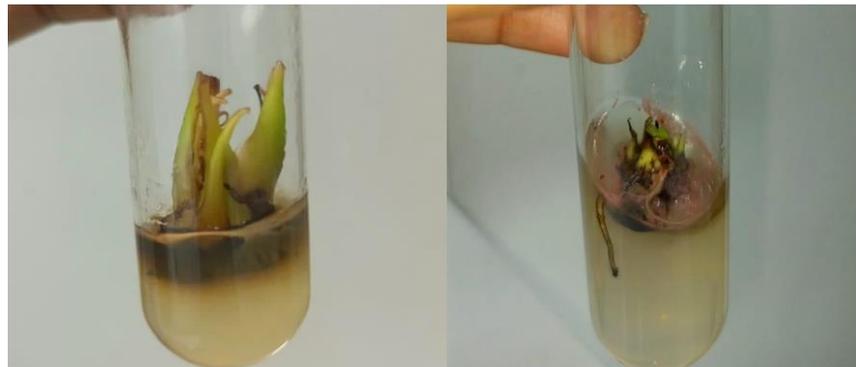
explantes contaminados por hongos y bacterias. Concluyendo que el tratamiento con hipoclorito de sodio al 10% fue el más efectivo en el control de la contaminación para el establecimiento *in vitro* de meristemo apical de banano.

### 3.3 PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN

El éxito del establecimiento y desarrollo de los cultivos vegetales en condiciones *in vitro* están asociadas con las condiciones de asepsia. Los niveles altos de humedad relativa al interior del recipiente, la fácil disponibilidad de nutrientes en el medio, la ausencia de agentes antagónicos y la falta de aire, son elementos que favorecen el fácil y rápido crecimiento de cualquier inoculo microbiano; por esto, la mínima presencia de un agente contaminante puede causar la pérdida ya sea parcial o total del tejido vegetal cultivado (Suárez, 2020).

Las pérdidas totales de bananos y plátanos debido a la alta contaminación microbiana están estimadas aproximadamente entre un 40% y 60%, a pesar de todos los procedimientos asépticos aplicados. Esto trae como consecuencia la pérdida de un gran número de explantes debido a la contaminación microbiana durante el proceso de cultivo (Figura 2). En los bananos, las bacterias endófitas también colonizan el espacio intracelular, incluido el citoplasma y el espacio cerrado entre la pared celular y la membrana plasmática, ambos nichos que albergan grandes poblaciones de organismos (Agbadje, *et al.*, 2021).

**Figura 2.** Explantes meristemáticos de plátanos contaminados por bacterias.



**Fuente:** (Elaboración propia)

Los científicos de diferentes partes del mundo han trabajado en el uso de diferentes tratamientos químicos que resten los problemas de contaminación (Kumar, *et al.*, 2019; Kapadia & Patel. 2021), sin embargo, se presentan en promedio entre el 10% al 15% de pérdidas por contaminación durante el proceso de micropropagación (Kapadia & Patel. 2021).

Kumar, *et al.*, (2019) realizaron un experimento el cual se llevó a cabo en el laboratorio de cultivos del colegio agrícola Bihar, donde evaluó el efecto de varios agentes esterilizantes en explantes. Se determinó el efecto evaluado el número de brotes de explantes asépticos; en sus resultados se demostró que al momento de no aplicar ningún agente esterilizante se presentó una contaminación total en los explantes usados, el porcentaje de explantes contaminado disminuyó de acuerdo a la concentración de los agentes esterilizantes y el tiempo expuesto a la solución, se registró un mayor porcentaje de establecimiento de explantes de  $70.0 \pm 2.40\%$  con el tratamiento T<sub>8</sub> Ethanol al 70% aplicado por 30 seg + HgCl<sub>2</sub> al 0.1% por 20 min, también se observó que hubo una menor contaminación de  $15.0 \pm 1.0\%$  con el tratamiento T<sub>9</sub> Ethanol al 70% por 30 seg + HgCl<sub>2</sub> al 0.1% por 25 min, pero registró a su vez un mayor porcentaje de mortalidad de  $50.0 \pm 1.80\%$ . A nivel general demostraron que el tratamiento más efectivo y con mayor porcentaje de establecimiento se obtuvo el  $70.0 \pm 2.4\%$ , y el menor porcentaje de mortalidad  $11.0 \pm 1.8$  y el porcentaje de contaminación registrado fue considerablemente bajo del  $19.0 \pm 1.70\%$  con Ethanol al 70% por 30 seg + HgCl<sub>2</sub> al 0.1% por 20 min.

Kapadia & Patel. (2021) realizaron un experimento que se llevó a cabo en el Departamento de Biología Molecular de Plantas y Biotecnología de la Universidad Agrícola de Navsari, Gujarat, India, bajo condiciones controladas en el laboratorio durante dos años consecutivos. Durante el desarrollo de este trabajo se utilizaron pasos de esterilización secuenciales para la eliminación de agentes contaminantes endófitos, esto a través de la aplicación de diferentes productos químicos para la optimización del proceso de esterilización. En los resultados definen el T<sub>3</sub> ácido láctico 0.15% + Tween-20 0.1% + Commercial bleach 0.8% por 30 Min, seguido de hipoclorito de sodio 0.3% por 30 Min. como el tratamiento que demostró ser el mejor en comparación con los demás tratamientos, los datos demostraron que este presentó una menor contaminación fungicida con  $37.5 \pm 0$  y bacteriana con  $22.5 \pm 0$  con un mayor porcentaje de establecimiento de  $79.68 \pm 2.30$  que los otros.

#### **4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

La realización de esta pasantía se llevó a cabo en la Universidad de Córdoba en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal, ubicado en el municipio de Montería, Córdoba, con coordenadas geográficas 8°44'52.7" latitud Norte y 75°52.886' longitud Oeste, a una altura de 18 m.s.n.m. temperatura promedio anual de la ciudad de 28°C con picos superiores a 40°C en temporada canicular, humedad relativa promedio de 78%.

El proceso de introducción a nivel *in vitro* fue hecho en la cámara de flujo laminar bajo condiciones de asepsia y fueron almacenados en cuartos de crecimiento bajo condiciones ambientales de Temperatura 25°C, fotoperiodo de 12h (40  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) se utilizaron lámparas fluorescentes que proporcionaron luz blanca fría.

##### **4.1 SELECCIÓN DE COLINOS O CORMOS EN CAMPO**

Esta actividad se realizó con el acompañamiento en conjunto de los profesionales de campo y los productores en los municipios que fueron seleccionados (Montelíbano, Tierralta, Valencia, Lorica, Moñitos y Canalete), donde se realizó el proceso de selección de lotes que sirvieron como banco para la producción de plantas madre, el lote seleccionado fue el Centro experimental Chapinero ubicado en el municipio de Tierralta departamento de Córdoba con coordenadas geográficas 8°9'56.7" latitud Norte y 76°4'17.4" longitud Oeste, con registro expedido bajo la resolución 3180 del año 2009 (ICA, 2009). Durante el desarrollo de esta actividad se tuvieron en cuenta todas las medidas requeridas para la selección de plantas madre, como lo fueron: la identificación de lotes con un buen manejo fitosanitario y con un registro sanitario expedido por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), aspecto que garantizó el buen manejo del lote (Resolución ICA 448 del 20 de enero de 2016). Además, se tuvo en cuenta las plantas que presentaron las mejores condiciones fisiológicas, fitosanitarias y productivas del material vegetal como lo son el tamaño del racimo y la longitud de dedos.

Una vez identificados los sitios que cumplían con los requisitos y las condiciones fitosanitarias necesarias para este proyecto, se identificaron las plantas que contaban con las características sobresalientes identificadas anteriormente y se procedió a extraer los colinos, todo esto teniendo en cuenta las técnicas y métodos que se usan tradicionalmente para la extracción de estos colinos (Figura 3). Para esto también se contó con el apoyo local de los productores beneficiados en el proyecto.

**Figura 3.** Selección y extracción de colinos de material vegetal en campo



**Fuente:** (Elaboración propia)

#### **4.2 AISLAMIENTO Y DESINFECCIÓN**

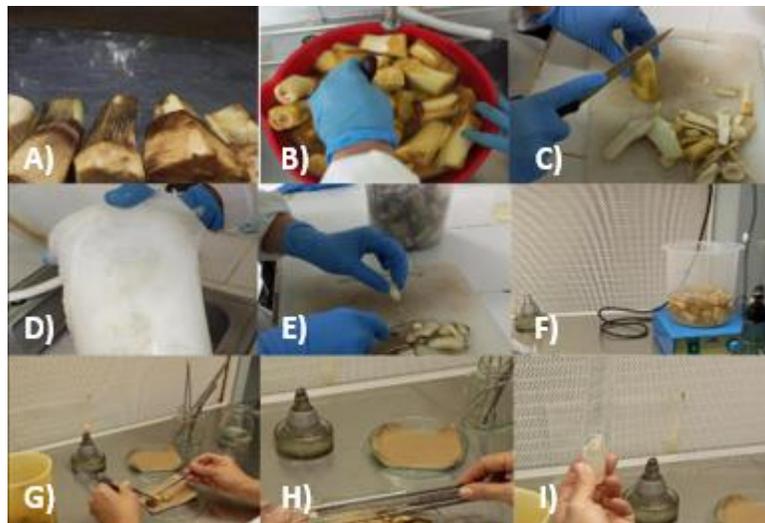
Para el proceso de desinfección de explantes en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal, se tuvieron en cuenta los protocolos básicos de acuerdo con Suárez, 2020. Estos fueron establecidos y dirigidos conjuntamente con el personal del Laboratorio con alta experiencia y conocimiento en el tema.

El procedimiento que se llevó a cabo (Figura 4) y los productos utilizados para la desinfección del material vegetal fueron:

- Retirar el exceso de tierra de los colinos fuera del Laboratorio con agua directa de la llave.
- Reducir los colinos a un tamaño aproximado de 10 cm para poder ser ingresados al laboratorio.
- Lavar con agua de la llave 2 veces.
- Reducir los colinos aproximadamente a 6 cm para facilitar la inmersión en la solución desinfectante de hipoclorito.
- Sumergir los colinos en hipoclorito de sodio (NaClO) al 1.25% durante 10 minutos.
- Enjuagar 3 veces con agua de la llave, hasta eliminar el hipoclorito.
- Sumergir en agua del grifo durante 20 minutos.
- Reducir los colinos aproximadamente a 3.5 cm
- Lavar y agitar con agua del grifo y detergente 2 veces durante 5 minutos.
- Enjuagar con agua del grifo hasta eliminar detergente.
- Lavar y agitar con agua del grifo, tween-20 y detergente durante 5 minutos.
- Enjuagar con agua del grifo hasta eliminar detergente.
- Lavar y agitar con agua destilada y detergente durante 5 minutos.
- Enjuagar con agua destilada hasta eliminar detergente.
- Lavar y agitar con agua destilada y tween-20 durante 5 minutos.
- Enjuagar con agua destilada hasta retirar tween-20 y el exceso de espuma.
- Retirar con una cuchilla la capa superficial del explante.

- Sumergir los explantes en una solución de fungicida (Oxicloruro de Cobre) a una concentración de  $3\text{g.L}^{-1}$  durante 1 hora.
- Enjuagar con agua destilada
- Sumergir los explantes en una solución de hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ) con concentración de 1.5%, con agua destilada estéril dentro de la cámara de flujo laminar.
- Enjuagar 2 veces con agua destilada estéril dentro de la cámara de flujo laminar para retirar el hipoclorito de sodio.
- Sumergir los explantes en una solución de antibiótico (Cefalexina) con agua destilada estéril durante 5 minutos.
- Retirar con cuchilla una capa superficial del explante, realizar los cortes establecidos para cada tratamiento para su establecimiento a nivel *in vitro* (Figura 4).

**Figura 4.** Proceso de aislamiento y desinfección de explantes para su introducción a nivel *in vitro*. A) Reducción de colinos a 10 cm; B) Lavado de colinos; C) Reducción de colinos a 6cm D) proceso de lavado de explantes; E) Reducción de explantes a 3.5 cm; F) Explantes sumergidos en solución de  $\text{NaClO}$  dentro de la Cámara de flujo laminar; G) Retiro de la capa superficial del explante; H) Introducción de explantes en Cámara de flujo laminar; I) Explante establecido en el medio de cultivo.



Fuente: (Elaboración propia)

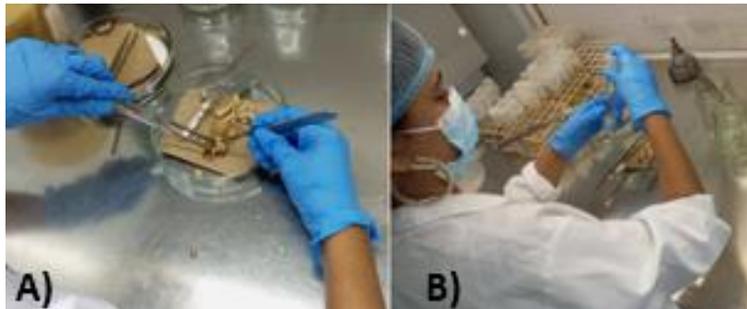
#### 4.3 INTRODUCCIÓN DE EXPLANTES A NIVEL *IN VITRO*

El establecimiento de los tejidos meristemáticos se realizó bajo condiciones estériles, utilizando un medio de cultivo con las sales de MS (Murashige & Skoog, 1962), este es el más conocido y apto para la mayoría de las especies vegetales.

Estos medios se suplementaron con: Hidrocloruro de tiamina (ACROS ORGANICS) se agregó  $1 \text{ mg.L}^{-1}$ , Sacarosa  $30 \text{ g.L}^{-1}$ , myo-Inositol se agregó  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  (Merck), Agar se agregó  $7 \text{ g.L}^{-1}$  (SIGMA Life Science) y las sales Murashige y Skoog basal medium with vitamins (M&S PhytoTech LABS) a razón de  $2,165 \text{ g.L}^{-1}$ .

El proceso de introducción a nivel *in vitro* fue hecho en la cámara de flujo laminar bajo condiciones de asepsia (Figura 5). Estos fueron almacenados en cuartos de crecimiento bajo condiciones ambientales de Temperatura  $25^{\circ}\text{C}$ , Fotoperiodo de 12 h ( $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) utilizando lámparas fluorescentes que proporcionaban luz blanca fría.

**Figura 5.** Introducción de explantes en medios de cultivos. A) introducción y aplicación de cortes en los explantes; B) Establecimiento de explantes en el medio de cultivo



Fuente: (Elaboración propia)

#### 4.4 EVALUACIÓN DE CORTES LONGITUDINALES EN EL EXPLANTE MERISTEMÁTICO

Los tratamientos evaluados para el establecimiento de los explantes fueron:

- $T_0$  = Establecimiento de meristemas sin corte longitudinal.
- $T_1$  = Establecimiento de meristemas con un corte longitudinal abarcando el diámetro del explante.  
2
- $T_2$  = Establecimiento de meristemas con dos cortes diametrales perpendiculares en forma de cruz.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) de tres tratamientos con 20 repeticiones. Debido a la presencia de contaminación en algunas de las muestras, el análisis se realizó con datos desbalanceados. Donde estos al tratarse de una obtención de datos binomiales o dicotómicos fueron analizados con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Durante el desarrollo y evaluación de este experimento se hizo seguimiento a cada explante establecido, se observó con detalle como influía en ellos el corte aplicado a cada tratamiento, para lo cual, después de 4 semanas, se evaluaron las variables de número de explantes que emitieron brotes, se calculó el porcentaje de explantes con brotes, y la variable número de brotes por explante.

De acuerdo con la prueba de Kruskal-wallis (Tabla 1), se pudo observar que hubo diferencias estadísticas entre los promedios de los rangos de los tratamientos. De acuerdo con esto se observan diferencias entre los promedios de rangos de brotación entre los tratamientos.

**Tabla 1.** Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la brotación en función de los tratamientos

Fuente	GL	Estadístico	P-valor
T	2	19,67 ***	5,353.10 <sup>-5</sup>

\*\*\*= Diferencias estadísticas al 0.1%

GL= Grados de libertad

T= Tratamiento

Para las diferencias estadísticas se realizó la prueba de Wilcoxon (Wilcoxon signed-rank test), esta es una prueba de medias para los rangos, nos permite tener una idea de cual tratamiento fue el que mejor presentó resultados.

**Tabla 2.** Promedios de rangos de brotación en función de los tratamientos

Tratamiento	n	Promedio	Prueba Wilcoxon
Sin corte (T <sub>0</sub> )	20	17	c
Un corte diametral (T <sub>1</sub> )	13	24,2	b
Dos cortes en cruz (T <sub>2</sub> )	14	33,8	a

Promedios con letras similares no varían estadísticamente, según la prueba de Wilcoxon

De acuerdo con los datos de la tabla 2, arrojados por la prueba de Wilcoxon, se puede observar que, el tratamiento T<sub>2</sub> correspondiente a dos cortes diametrales perpendiculares en forma de cruz sobre el meristemo, tuvo un mayor promedio de rango con 33,8, seguido del tratamiento T<sub>1</sub> correspondiente a un corte longitudinal abarcando el diámetro del explante meristemático, el cual tuvo un rango de 24,2 y por último el tratamiento T<sub>0</sub> correspondiente al explante sin corte longitudinal, con

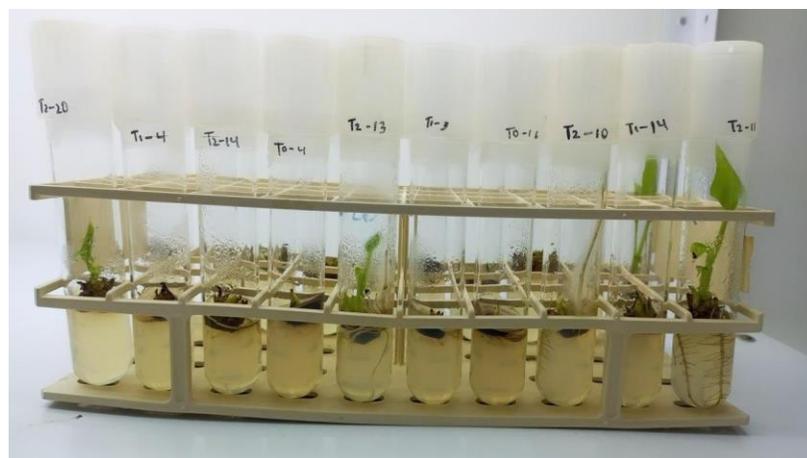
un promedio de 17, evidencia una diferencia entre tratamientos con respecto a la brotación.

De acuerdo a lo observado en la tabla 3, el tratamiento con dos cortes diametrales perpendiculares en forma de cruz ( $T_2$ ) obtuvo un mayor número de explantes con brotes emitidos, es decir, la implementación de esta técnica aumenta el porcentaje hasta en un 50% del número de explantes con brotación (Figura 6); por otro, lado el tratamiento con un corte longitudinal abarcando el diámetro del explante ( $T_1$ ), presentó resultados significativos con respecto al número de explantes con brotes, es decir, que la aplicación de este tratamiento provocó un 20% de números de explantes brotados (Figura 7), en comparación al tratamiento sin corte longitudinal ( $T_0$ ) que no mostró ninguna respuesta.

**Tabla 3.** Resultados de numero de explantes que emitieron brotes y el porcentaje de brotación para cada tratamiento.

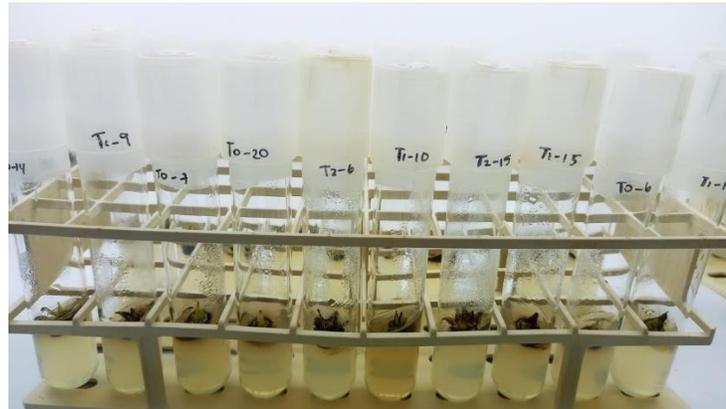
Tratamiento	# Explantes que emitieron brotes	% Explantes con brotes
Sin corte ( $T_0$ )	0	0%
Un corte diametral ( $T_1$ )	4	20%
Dos cortes en cruz ( $T_2$ )	10	50%

**Figura 6.** Brotes emitidos entre el tratamiento dos y tratamiento uno.



**Fuente:** (Elaboración propia)

**Figura 7:** Evidencia de tratamientos sin brotes emitidos.



**Fuente:** (Elaboración propia)

Los resultados mostraron respuestas positivas con respecto a la variable número de explantes con brotes emitidos en el tratamiento con dos cortes diametrales perpendiculares en forma de cruz (T2) y en el tratamiento con un corte longitudinal abarcando el diámetro del explante (T1), sin embargo, no se logró obtener una respuesta positiva para la variable número de brotes por explante.

Teniendo en cuenta las observaciones a cada tratamiento, sobre como influían los cortes aplicados en ellos y de acuerdo al establecimiento de otros ensayos aplicados durante el desarrollo de actividades de investigación, se pudo obtener resultados diferentes en comparación con cada uno de los tratamientos aplicados al ensayo como lo son:

La aplicación del corte en cruz y los dos cortes diametrales, una vez establecidos generan la oxidación en el tejido del explante, ocasionados por la exudación de compuestos fenólicos que son producidos por el corte o herida realizada en el tejido lo cual es muy característico en banano; estos compuestos al ser liberados quedan atrapados en el medio de cultivo y acumulados formando un área negra alrededor del explante causando así la inhibición del crecimiento.

## 5. CONCLUSIONES

Luego de haber finalizado este trabajo de grado en la modalidad pasantía, se pudo concluir que:

- Los tratamientos aplicados no afectaron significativamente la variable número de brotes por explante.
- La variable número de explantes con brotes emitidos fue afectada significativamente por los tratamientos aplicados, observando que el tratamiento con dos cortes en cruz sobre el meristemo indujo a un mayor número de explantes con brotes.

## **6. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a las evaluaciones realizadas, es recomendable aplicar la técnica de dos cortes diametrales para estimular el número de explantes con brotes, ya que esta aumenta significativamente hasta en un 50% el número de explantes con brotación.

## REFERENCIAS

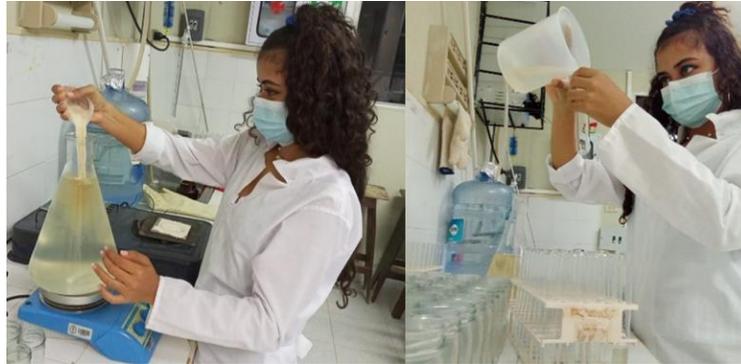
- Agbadje, E., Agbidinokoun, A., Zandjanakou-Tachin, M., Cacaï, G., & Ahanhanzo, C. (2021). Mass Production of Bananas and Plantains (*Musa* spp.) Plantlets through *in vitro* Tissue Culture Partway: A Review. *European Journal of Biology and Biotechnology*, 2(4). <https://doi.org/10.24018/ejbio.2021.2.4.229>
- Barrera, J., Cardona, C., & Cayón, D. (2011). El cultivo de plátano (*Musa* AAB *Simmonds*): ecofisiología y manejo cultural sostenible. Universidad de Córdoba–Editorial Zenú. [Consultado el 4 de septiembre de 2022] Recuperado de: <https://editorialzenu.com/images/1467833541.pdf>
- Cardona, A. (2018). LA MULTIPLICACIÓN *IN VITRO* ACELERA LA PRODUCCIÓN Y MEJORA CALIDAD DEL PLÁTANO Y EL BANANO. *AGRONEGOCIOS*. [Consultado el 5 de septiembre de 2022]. Recuperado de 2022, de <https://www.agronegocios.co/tecnologia/la-multiplicacion-in-vitro-acelera-la-produccion-y-mejora-calidad-del-platano-y-el-banano->
- Coto, J. (2009). Guía para multiplicación rápida de cormos de plátano y banano [Guide for the rapid multiplication of plantain and banana corms]. (2.a ed.). *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola*. [http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion\\_veg\\_pdfs/multiplicacion\\_rapida\\_de\\_cormos\\_de\\_platano\\_y\\_banano.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/multiplicacion_rapida_de_cormos_de_platano_y_banano.pdf)
- EVA's (2021). Dirección de estadística en plátano. Evaluaciones Agropecuarias. [Consultado el 4 de septiembre de 2022]. Recuperado de: <https://experience.arcgis.com/experience/17859d5712b046fca6b0df5781e0b560/page/EVAs/?views=EVA-Departamental--2019---2021>
- Franco, Y., Cataldi, C., Ovejero, N., & Lezcano, M. (2020). Protocolo de desinfección para establecimiento *in vitro* de meristema apical de banano *Musa* spp. *CEDAMAZ*, 10(2), 47-50.
- Galan, V., Rangel, A., Lopez, J., Perez, J., Sandoval, J., & Souza, H. 2018. Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 40(Rev. Bras. Frutic., 2018 40(4)), e–574. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018574>
- Garzón, L., & Ramirez, J. (2020). Cultivo de Tejido Vegetal. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. [Consultado el 12 de diciembre de 2022]. Recuperado de: [http://bio.uis.edu.co/eisi/images/Noticias/archivos/20201115104940-anexo\\_d\\_cartilla\\_cultivo\\_1.pdf](http://bio.uis.edu.co/eisi/images/Noticias/archivos/20201115104940-anexo_d_cartilla_cultivo_1.pdf)

- ICA (2009). Instituto Colombiano Agropecuario. Producción y distribución de material de propagación de viveros, objetivo del ICA. [Consultado el 12 de Abril de 2023]. Recuperado de: <https://www.ica.gov.co/noticias/agricola/2009/produccion-y-distribucion-de-material-de-propagaci>
- Kapadia, C., & Patel, N. (2021). SEQUENTIAL STERILIZATION OF BANANA (MUSA SPP.) SUCKER TIP REDUCING MICROBIAL CONTAMINATION WITH HIGHEST ESTABLISHMENT PERCENTAGE. *Bangladesh Journal of Botany*, 50(4), 1151–1158. <https://doi.org/10.3329/bjb.v50i4.57083>
- Kumar, R., Ahmed, MF, Mir, H., Mehta, S. & Sohane, RK (2019). Estudio de Establecimiento *In vitro* e Inducción de Callos en Plátano cv. Gran Naine. *Revista actual de ciencia y tecnología aplicadas*, 1–5. <https://doi.org/10.9734/cjast/2019/v33i330073>
- MINAGRICULTURA. (2018). CADENA DE PLÁTANO. [Consultado el 29 de agosto de 2022]. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2018-01-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- MINAGRICULTURA. (2021). CADENA DE PLÁTANO. [Consultado el 5 de septiembre de 2022]. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Murashige, T., y Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15, 473–497.
- Porras, K. (2019). Este es el panorama del cultivo de plátano en Colombia. *Periodico El Campesino*. [Consultado el 12 de enero 2023]. Recuperado de: <https://elcampesino.co/este-es-el-panorama-del-cultivo-de-platano-en-colombia/>
- Restrepo, J. (2016). *Musa Paradisiaca*. Banrepcultural. [Consultado el 4 de septiembre 2022]. Recuperado de <https://www.banrepcultural.org/exposiciones/tierra-de-por-medio/musa-paradisiaca>
- Suárez, I. (2020). *Cultivo de Tejidos Vegetales*. Ed. Fondo Editorial Universidad de Córdoba.
- UNICORDOBA. (2022). Repositorio Unicordoba. [Consultado el 5 de septiembre de 2022]. Recuperado de: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/discover>

Valle, R. (2021). Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación *in vitro* de plátano (*Musa × paradisiaca* L.): Revisión de Literatura. *Biblioteca digital Zamorano*. Escuela Agrícola Panamericana. [Consultado el 24 de noviembre de 2022]. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a1f1ebbb-a513-460a-9173-45a8466e3749/content>

## ANEXOS

### Anexo A: Preparación de medios de cultivo



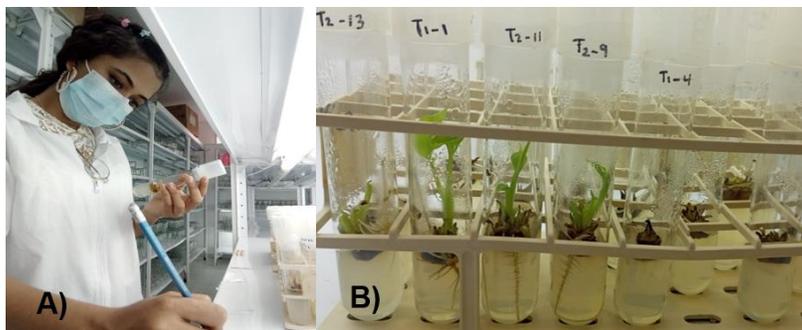
Fuente: (Elaboración propia)

### Anexo B: Aplicación de cortes en los diferentes tratamientos



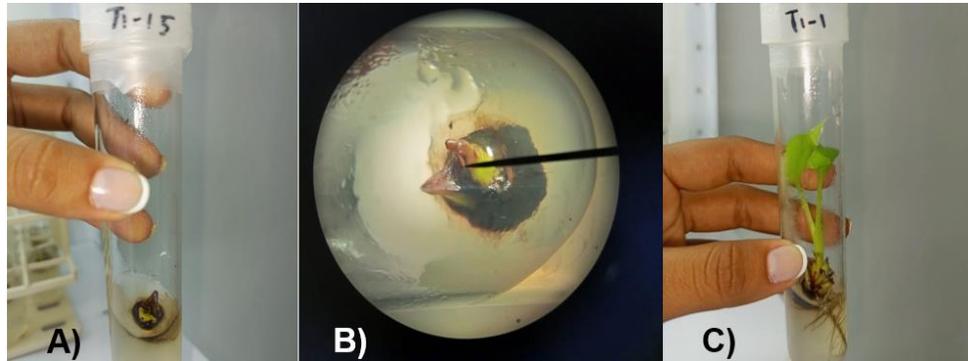
Fuente: (Elaboración propia)

### Anexo C: A) Seguimiento de explantes; B) Seguimiento a brotes emitidos



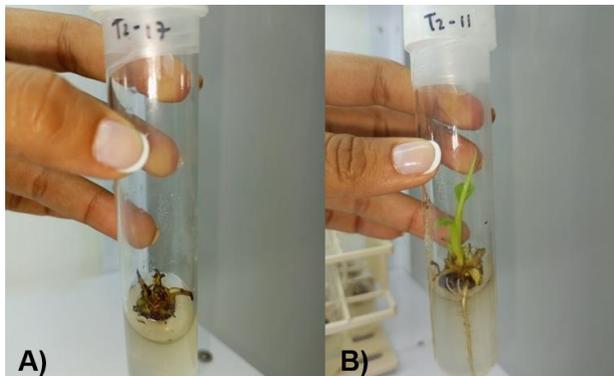
Fuente: (Elaboración propia)

**Anexo D:** A) Meristemo con un corte longitudinal abarcando el diámetro del explante; B) Necrosamiento en corte longitudinal por alto contenido de fenoles; C) Brote emitido por el explante.



**Fuente:** (Elaboración propia)

**Anexo E:** A) Meristemo con dos cortes diametrales perpendiculares en forma de cruz; B) Brote emitido por explante.



**Fuente:** (Elaboración propia)