

## Efecto de tres concentraciones de la citoquinina bencil amino purina (BAP) en la propagación vegetativa in vitro de dos cultivares de *Musa spp.* en Tingo María

Effect of three concentrations of the cytokinin benzyl aminopurine (BAP) on the in vitro vegetative propagation of two *Musa spp.* cultivars in Tingo María

ETSON JHOEL MORALES CASAS<sup>1</sup>, CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS<sup>2</sup>, JULIO ALFONSO CHIA WONG<sup>3</sup>

<sup>1</sup>: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía, Tingo María, Perú . ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2617-1081>. Email: [etson.morales@unas.edu.pe](mailto:etson.morales@unas.edu.pe)

<sup>2</sup>: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía, Tingo María, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9431-5649>. Email: [carlos.miranda@unas.edu.pe](mailto:carlos.miranda@unas.edu.pe)

<sup>3</sup>: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía, Tingo María, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0947-9949>. Email: [julio.chia@unas.edu.pe](mailto:julio.chia@unas.edu.pe)

RECIBIDO: 19/01/2026 ACEPTADO: 02/02/2026 PUBLICADO: 19/03/2026

Como citar este artículo / How to cite this article:

Morales Casas, E. J., Miranda Armas, C., & Chia Wong, J. A. (2026). Efecto de tres concentraciones de la citoquinina bencil amino purina (BAP) en la propagación vegetativa in vitro de dos cultivares de *Musa spp.* en Tingo María. *Scientia Agronomica: Revista Académica en Ciencias Agronómicas*, 1(1), 1-7. <https://doi.org/10.69507/scientiaagronomica.1.1.1.418>

### RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología y Diversidad Molecular de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes concentraciones de 6-N-bencil aminopurina (BAP) en la propagación in vitro de dos cultivares de plátano/banano (*Musa spp.*): “Moquicho” y “Inguiri”. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de 4 concentraciones de BAP (0, 1.5, 3.0 y 6.0 mg/L) y 2 cultivares, con 15 repeticiones por tratamiento. Los resultados evidenciaron que la concentración de 0 mg/L para el cultivar Moquicho y 6 mg/L para Inguiri promovieron una mayor longitud de brotes, aunque no se observaron diferencias significativas en el número de hojas. Estos hallazgos sugieren que la BAP por sí sola no es suficiente para inducir una multiplicación eficaz en *Musa spp.* y que es necesario optimizar el balance de citoquininas y auxinas, además de mejorar las condiciones de asepsia y antioxidantes del medio de cultivo.

**Palabras clave:** *Musa spp.*, micropropagación, BAP, cultivo in vitro, citoquininas, yema apical.

### ABSTRACT

The present research was carried out in the school of agronomy's biotechnology and molecular diversity laboratory at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, with the objective of evaluating the effect of different concentrations of 6-N-benzylaminopurine (BAP) on the in vitro propagation of two plantain/banana (*Musa spp.*) cultivars: “moquicho” and “ingui.” A completely randomized design (CRD; DCA in Spanish) was used with a factorial arrangement of four BAP concentrations (0, 1.5, 3.0, and 6.0 mg/L) and 2 cultivars, with fifteen repetitions per treatment. The results showed that the 0 mg/L concentration for the moquicho cultivar and the 6 mg/L [concentration] for the ingui promoted a greater sprout length, even though no significant differences were observed in the number of leaves. These findings suggested that BAP by itself was not sufficient for inducing an efficient multiplication in *Musa spp.*, and that it is [also] necessary to optimize the balance between the cytokines and the auxins, as well as improve the asepsis and antioxidant conditions of the culture medium.

**Keywords:** *Musa spp.*, micro propagation, BAP, in vitro cultivation, cytokine, apical bud. .

## I. INTRODUCCIÓN

Los plátanos y bananos son frutas nativas del sudeste de Asia, con registros históricos de su presencia en la India desde hace más de 2500 años, propagándose por África, el Mediterráneo y el Pacífico, gracias a la expansión comercial y colonial, colocándolo en la actualidad como uno de los alimentos más consumidos en el mundo. Sin embargo, la propagación de enfermedades va de la mano con su producción a través del tiempo, ya sea por rizomas, hijuelos, estas plagas logran afectar el cultivo y el aumento de sus costos, un claro ejemplo, es el llamado mal de Panamá. Desde entonces, los investigadores buscan métodos para propagarlos explorando su resistencia, desarrollo y crecimiento, con el fin de acelerar su producción sin comprometer su calidad.

El 6-N-Bencil aminopurina o Bencil Amino Purina (BAP), es una hormona vegetal sintética clasificada como citoquinina, se emplea ampliamente en la agricultura y la horticultura para regular el crecimiento de las plantas. Se ha probado con éxito en diversas especies, y variando las concentraciones de BAP y seleccionando cuidadosamente un clon específico de una especie *Musa*, es posible aumentar la producción de brotes durante el cultivo in vitro, por el cual con el problema mencionado y los estudios anteriores de tal hormona se realizó la pregunta: ¿Cuál de estos efectos de tres concentraciones de la citoquinina 6-N-Bencil Amino Purina (BAP) ayudaría para obtener una mejor propagación vegetativa in-vitro de dos cultivares de *Musa spp.* en Tingo María?

Las técnicas in vitro de cultivo en tejidos vegetales para mejorar la propagación de plátanos y bananos asegurarían la continuidad de los cultivos de *Musa* y se proporcionaría semillas adaptadas a las condiciones locales en la Provincia de Rupa - Tingo María, contribuyendo al desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria regional y nacional.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología y Diversidad Molecular de la Facultad de Agronomía en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en el km 1,21 carretera Tingo María – Huánuco del distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, cuyas coordenadas son: Longitud: 8970048.3926 N; Latitud Sur: 390514,9524 E; Altitud: 673 msnm.

### Materiales y métodos

#### 1. Materiales, herramientas y equipos

Se utilizó una cámara de flujo laminar, balanza analítica, agitador, destilador de agua, refrigerador y autoclave.

Agentes desinfectantes: Alcohol 70, hipoclorito de sodio; fungicidas (Benomyl) y antibióticos (Ceftriaxona), macronutrientes, micronutrientes, Fe-EDTA, mioinositol, ácido nicotínico, piridoxina, tiamina, glicina, sacarosa, agar. Asimismo se utilizó un solo medio de cultivo Murashige & Skoog (1962), además de tres concentraciones de BAP, y yemas apicales vegetativas de *Musa spp.* cv. Moquicho y cv. Inguiri.

#### 2. Metodología

##### A. Obtención del material vegetativo

Se identificaron y seleccionaron las plantas madre en el campo siendo fumigados con benomyl para evitar la presencia de hongos. Luego, se extrajeron los hijuelos con una palana previamente desinfectado, se seleccionaron los hijuelos de tamaños uniformes y se lavaron con agua. Posteriormente, en una bolsa plástica se realizó el transporte de los hijuelos al invernadero de la Facultad de Agronomía. Finalmente, en el invernadero, los hijuelos se fumigaron con fungicida Benomyl al 0.2% durante una semana.

##### B. Extracción de la yema apical

En el invernadero, se redujo el tamaño de todos los hijuelos en la base de 2,5 cm de diámetro y de 4 a 5 cm de altura (ubicando la yema apical), para luego ser llevados al laboratorio donde se lavaron con agua y detergente, luego se dejó remojando por 1-2 horas en solución con Fungicida Benomyl 0,2 %.

##### C. Esterilización de materiales y el medio

Posteriormente, se enjuagó con agua destilada la superficie de los hijuelos cortados, y se llevó a la cámara de flujo laminar, donde se realizó la desinfección de la manera siguiente: sumergir completamente en 2 minutos con alcohol de 70°, luego sumergió 15 minutos con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 1-3%, y finalmente remojó tres veces con agua destilada estéril durante 3 minutos cada enjuague.

##### D. Preparación del medio de cultivo

Para la preparación del medio Murashige y Skoog (MS) se utilizó la formulación estándar, los reactivos y volúmenes para la preparación del medio de cultivo para 1 litro. También se usó un regulador de crecimiento que es el 6-N-Bencil Amino Purina (BAP).

##### E. Preparación y siembra in vitro de las yemas apicales

En la cámara de flujo laminar, se secó el explante con papel filtro o papel común estéril, y se removió las partes desinfectadas mediante cortes sucesivos con pinzas esterilizadas y bisturís para obtener la yema



Esta obra está bajo la licencia:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> (CC BY-NC-SA 4.0)

apical meristemático.

Luego se sembró las yemas apicales meristemáticos en tubos de ensayos con los tratamientos y las repeticiones necesarias. Finalmente, se llevó los tubos de ensayo con los tratamientos en gradillas a la sala de incubación.

Una vez introducidos, los explantes fueron colocados en medio de germinación para dar las condiciones adecuadas, para el desarrollo de la yema apical con el tejido meristemático, para esta etapa se incubo inicialmente en la oscuridad por ocho días y luego por cuatro semanas en condiciones de fotoperiodo de 12 horas con luz blanca, hasta obtener brotes de 1 cm de longitud aproximadamente. En el proceso de incubación, el cuidado adecuado de la yema apical de estas plantas es importante, se utilizaron guantes, alcohol, mascarillas y el utensilio necesario para cumplir la asepsia que la circunstancia demanda permitirá lograr el éxito del cultivo de éstas.

### E. Rescate in vitro de las yemas apicales

Una vez introducidos, los explantes que presentaron signos de contaminación bacteriana y/o fúngica fueron rescatadas mediante su repique (trasplante) a frascos nuevos con el mismo medio de cultivo estéril. Para ello, se preparó con anticipación una mayor cantidad de frascos con el medio correspondiente a cada tratamiento. En una cámara de flujo laminar, se preparó una solución de lejía al 1% con agua destilada estéril en frascos también estériles, considerando que cada tratamiento debe mantenerse separado en frascos distintos. Posteriormente, los frascos fueron rotulados con su código de tratamiento y fecha, y las yemas contaminadas con hongos y bacterias se sumergieron en la solución de lejía durante 5 minutos. Luego, se eliminó la lejía y se enjuagó tres veces con agua destilada estéril, asegurando que cada enjuague dure al menos tres minutos. Finalmente, las yemas fueron repicadas en el medio de cultivo correspondiente para su recuperación.

### 3. Diseño experimental

El diseño experimental de esta tesis fue un DCA con arreglo factorial 2 x 4, empleando 15 repeticiones por tratamiento, en total 120 unidades experimentales. Las características evaluadas fueron sometidas al análisis de modelo lineal mixto y un modelo lineal generalizado.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Número de brotes

Durante el desarrollo de esta investigación, se observó que todos los tratamientos con BAP resultaron en la formación de un único brote latente por explante (Figura 1), independientemente de la concentración de citoquinina aplicada.

**Figura 1**

*Tubos con yemas apicales de *Musa spp.* muestran un solo brote, fenolización (color oscuro) y contaminación.*



Este resultado indica que las distintas dosis de BAP no fueron suficientes para inducir una proliferación significativa de brotes en los cultivares de *Musa* evaluados. En cuanto a los resultados obtenidos, aunque se observó una alta mortalidad de explantes (por fenolización y contaminación), el BAP mostró cierta capacidad de inducir brotación. Esto coincide con lo señalado por Waman et al. (2014), quienes afirman que las citoquininas son fundamentales para la proliferación de brotes y el desarrollo de plántulas en medios líquidos y semisólidos. En general, las concentraciones óptimas para citoquininas como el BAP se sitúan entre 4 y 6 mg/L, aunque su efectividad también puede estar influenciada por el genotipo del explante (Jambhale et al., 2001; Peres de Oliveira et al., 2008; Valle, 2021).

### 2. Longitud de brotes

En la Tabla 1 se observan los efectos fijos e interacciones entre los factores, por cada tratamiento, y se muestra que los efectos (BAP 0, BAP 1.5, BAP 3) no fueron estadísticamente significativos (valor  $t < |2|$ ), lo que sugiere que esos tratamientos no producen diferencias consistentes en el incremento de la longitud del brote. En cambio, el clon Inguiri responde fuerte y positivamente a BAP 6 ( $t = 2.238$ ), por otro lado, Moquicho no solo no mejora, sino que el brote se reduce respecto al esperado con BAP 6 ( $t = -2.04$ ). Esto último se podría explicar ya que el Moquicho es una cultivar rústica que podría tener ya un balance hormonal en sus yemas apicales, y es posible que el incremento del BAP genere el efecto contrario.

**Tabla 1**

Efectos fijos de los factores BAP y cultivar para la variable de longitud de brote

Tratamientos	Efecto	Estimado	Error estándar	valor t	Significancia
T <sub>1</sub>	Inguiri: BAP0	13.234	12.19	1.086	NS
T <sub>2</sub>	Moquicho: BAP0	13.973	15.122	0.924	NS
T <sub>3</sub>	Moquicho: BAP1.5	-5.194	23.224	-0.224	NS
T <sub>4</sub>	Inguiri: BAP1.5	-1.13	19.031	-0.059	NS
T <sub>5</sub>	Moquicho: BAP3	-12.585	25.93	-0.485	NS
T <sub>6</sub>	Inguiri: BAP3	-2.634	20.921	-0.126	NS
T <sub>7</sub>	Moquicho: BAP6	-49.731	24.379	-2.04	*
T <sub>8</sub>	Inguiri: BAP6	36.628	16.367	2.238	*

En la Tabla 2, con un total de 607 observaciones (de 12 evaluaciones), la varianza entre sujetos fue de 15.18. la varianza residual fue de 10740.42 y la desviación estándar residual fue muy alta (103.6), lo que indica que la mayor parte de la variación no se explica por los factores fijos (BAP y cultivar), sino que se debe a variación individual o ruido experimental.

**Tabla 2**

Variancia y desviación estándar por sujetos y residuos

Grupos	Variancia	Desviación estándar
Sujetos	15.18	3.896
Residuos	10740.42	103.636

En conclusión, el modelo lineal mixto sugiere que el cultivar Inguiri tiene una respuesta positiva significativa al tratamiento con BAP 6, mientras que Moquicho no responde favorablemente a esta dosis. Sin embargo, existe una alta variabilidad entre muestras, lo que limita la capacidad del modelo para detectar diferencias pequeñas entre otros tratamientos.

En la Tabla 3, se evaluó la longitud de brote en dos cultivares, Inguiri y Moquicho, expuestos a cuatro concentraciones de BAP (0, 1.5, 3 y 6 mg/L). Los resultados indican que Moquicho presentó el brote más largo (27.2 mm) en ausencia de BAP (T1), mientras que Inguiri mostró una fuerte respuesta a la concentración más alta (6 mg/L), alcanzando una media de 49.8 mm (T8), aunque con una desviación estándar considerablemente alta (270 mm), lo que evidencia una gran variabilidad en su respuesta. En términos generales, Moquicho desarrolló brotes más largos con concentraciones bajas de BAP, pero su crecimiento no se incrementó con dosis elevadas.

En comparación, los resultados obtenidos con el tratamiento 8 con 6 mg/L de BAP en Inguiri mostraron una longitud de 49,8 mm, lo que fue comparativamente similar que las longitudes reportadas por Florio y Mogollón (2011) obteniendo longitudes de brotes de 41 mm en la variedad Harton gigante con 5 mg/L de BAP en medio líquido. Por otro lado, estos autores consiguieron un número de brotes de 8.93 en esas mismas condiciones.

**Tabla 3**

Longitud de brote, ordenados de mayor a menor longitud promedio por tratamiento en el cual también se muestra la desviación estándar.

Tratamiento	Cultivar	BAP	n	Promedio (mm)	Desviación estándar	CV
T <sub>8</sub>	Inguiri	6	89	49.8	270	45.18
T <sub>1</sub>	Moquicho	0	132	27.2	9.33	34.30
T <sub>3</sub>	Moquicho	1.5	112	20.9	12.8	61.24
T <sub>7</sub>	Moquicho	6	44	13.9	7.96	57.27
T <sub>2</sub>	Inguiri	0	73	13.1	5.36	40.91
T <sub>5</sub>	Moquicho	3	70	11.9	4.91	41.26
T <sub>4</sub>	Inguiri	1.5	50	11.8	5.04	42.71
T <sub>6</sub>	Inguiri	3	37	10.4	4.09	39.33

### 3. Numero de hojas

El modelo lineal generalizado (GLM) es una generalización de la regresión lineal que permite modelar variables de respuesta que no necesariamente siguen una distribución normal. A diferencia de la regresión lineal, los GLMs pueden manejar una amplia variedad de distribuciones de respuesta, como binomial, Poisson, gamma, entre otras. Este modelo evalúa cómo varía el número de hojas según el cultivar (por ejemplo, Inguiri vs. Moquicho), las dosis de BAP (probablemente un regulador de crecimiento), y si hay un efecto combinado entre ambos factores (interacción). La fórmula del modelo es:

$$\text{GLM (N\_hojas} \sim \text{cultivar} * \text{BAP, family} = \text{poisson, data} = \text{D)}$$

Esto significa que estamos usando una regresión Poisson porque el número de hojas es un conteo, y evaluamos los efectos del cultivar, la dosis de BAP y la interacción entre ambos.

**Tabla 4**

Resultados del modelo lineal generalizado con la interpretación de los coeficientes en escala logarítmica (regresión Poisson) para el número de hojas.

Coficiente	Valor	Interpretación
Inguiri BAP 0	-0.2	Valor promedio (log) de N_hojas para el clon de referencia (e.g., Inguiri) con BAP = 0.
Inguiri: Moquicho	0.9	El Moquicho tiende a producir más hojas que Inguiri (efecto positivo).
Factor BAP	0.1	Aumentar la dosis de BAP está asociado con un ligero aumento en el número de hojas.
Moquicho: BAP	-0.2	La interacción es negativa: el efecto positivo de BAP es menor en el Moquicho que en Inguiri.

Para interpretarlos en valores más intuitivos, se puede hacer la transformación exponencial: Por ejemplo,  $\exp(0.9205) \approx 2.51 \rightarrow$  Moquicho produce alrededor de 2.5 veces más hojas que Inguiri con BAP = 0. El análisis de variancia (ANVA) a partir del modelo lineal generalizado (Poisson.) no se puede usar directamente la prueba F como en los modelos lineales clásicos, porque las distribuciones de error no son normales. En cambio, se utiliza una prueba de razón de

verosimilitud, que sigue una distribución chi-cuadrado bajo ciertas condiciones. En la Tabla 5 se muestra el resultado del ANVA tipo chi cuadrado para los factores principales y la interacción.

**Tabla 5**

*Análisis de variancia tipo de chi cuadrado ( $\alpha = 0.05$ ) para el número de hojas con el modelo lineal generalizado, regresión Poisson.*

	Grados de libertad	Desviación residual	P (>Chi)	Significancia
Factor cultivar	144	64.61	0.3439	NS
Factor BAP	143	63.575	0.309	NS
Interacción cultivar * BAP	142	61.615	0.1616	NS

#### 4. Número y longitud de raíces

Durante el período de 12 semanas, los explantes evaluados no mostraron viabilidad ni indicios de proliferación de raíces ni tampoco enraizamiento en ninguno de los tratamientos aplicados. La ausencia de rizogénesis en estos explantes podría atribuirse a la falta de auxinas que ayuden a complementar para obtener una reacción positiva, ya que una mayor concentración de auxinas versus citoquininas promueve la rizogénesis (Flores et al. 2009). Tal como Medina et al. (2015) indicaron en sus resultados con *Musa acuminata* (Simmunds) destacando que la combinación de 6-N-Bencil amino purina (6-BAP) y ácido naftalenacético (ANA) produjeron raíces vigorosas que permiten el trasplante a suelo.

De igual forma, se mostraron efectos positivos en el enraizamiento de explantes de *Musa AAB* cv. Enano usando concentraciones de sacarosa entre 30 g L<sup>-1</sup> y 60 g L<sup>-1</sup> con 1 y 2 mg L<sup>-1</sup> de ácido indolacético (AIA) (Caldera y López 2002) y enraizamiento de explantes de *Musa spp.* AAB clon Sobrino con AIA 1.3 mg.L<sup>-1</sup> (Héctor et al. 2007). Esto indica que para obtener el enraizamiento de explantes, el uso de citoquininas y sacarosa debe ser controlado, como también las auxinas son cruciales para la inducción de raíces y su ausencia pueden inhibir este proceso. También se demostró que utilizar altas concentraciones de citoquininas afectaron negativamente el enraizamiento (Wijerathna & Kumarihami, 2016); tal como Bermúdez et al. (2019), demostraron que altas concentraciones de tidiazuron (TDZ) perjudicaron el desarrollo de los explantes durante el proceso de enraizamiento.

La obtención de raíces es una fase crucial en el cultivo de tejidos vegetales, ya que asegura el desarrollo de los explantes, lo cual es esencial para su nutrición, anclaje, adaptación al estrés hídrico y posterior crecimiento asegurando su supervivencia, cuando se trasladen a condiciones ex vitro, denominada aclimatación (Jiménez, 1995).

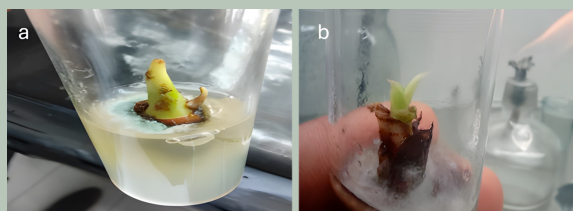
#### 5. Mortalidad

Un punto adicional que se pudo observar en esta investigación, durante el transcurso de las 12 semanas, algunos explantes no lograron mantener su viabilidad, pereciendo por diversos factores e incluso sin mostrar signos de reacción con el medio de cultivo desde el principio. Se observó contaminación que fueron resistentes pese a la desinfección, limpieza del ambiente, el uso adecuado de los equipos de laboratorio y el rescate de los explantes, ya que la mayoría de los microorganismos contaminantes pudieron estar permaneciendo dentro de las muestras, así como dentro del ambiente de incubación.

Podemos mencionar que uno de los factores fueron la presencia de hongos y bacterias. Estos microorganismos patógenos se pudieron observar en la mayoría de los tratamientos, estos hongos presentaron estructuras con forma de hifas blancas, alimentándose del medio de cultivo y rodeando al explante hasta cubrirlo por completo, así como las bacterias que se observaron como clara de huevo dentro del medio de cultivo ubicándose alrededor por donde crecería la raíz; tal como menciona Miraval (2017), esta propagación de hongos y bacterias pueden aparecer debido a que no se realizó un pre tratamiento a las plantas madres, ya que los hijuelos fueron cosechados directamente de campo. Las plantas madre deben mantenerse libres de enfermedades a través de métodos de control biológico y químico.

**Figura 2**

*Contaminación in vitro en explantes de *Musa spp.* a. contaminación bacteriana b. contaminación por hongos.*



También podemos decir que, al ser yemas apicales provenientes de hijuelos, estos estaban en contacto con el suelo, por lo cual, Sandoval et al. (1991) menciona que al tomar explantes de órganos subterráneos o de una planta cerca al suelo reduce la eficiencia de los subsecuentes procesos de desinfección.

Según Soto (1990) expresó que los meristemos de la yema apical sometidos a cultivo in vitro lograron ser crucial en la primera semana, debido a que se crecerán los hongos y bacterias, comenzando una etapa de infestación; por ello, la presencia de estos contaminantes microbianos es una preocupación significativa en las etapas iniciales de la micropropagación, donde los tejidos vegetales fueron particularmente susceptibles a infecciones.

Otro factor que se observó fue una reacción química producto de este explante llamado fenolización, consta de la aparición de manchas marrones o rojizas oscuras dentro del medio de cultivo. Este fenómeno es conocido como oxidación de compuestos fenólicos y se asocia a la catalización de la enzima polifenol oxidasa (Khalidun et al., 2007). Según Mohammad et al. (2011), los compuestos fenólicos son liberados por las heridas del tejido hacia el medio de cultivo, donde son capturados y acumulados por el agente gelificante, lo cual provoca la formación de una zona oscura alrededor del explante, inhibiendo su crecimiento. Además, Ramírez et al. (2008) mencionaron que la oxidación se relaciona con esta actividad de enzimas que se liberaron durante el proceso de corte de los tejidos. Medina et al. (2015) explicaron que, durante la fase de cultivo, en el medio de cultivo se puede observar un ligero ennegrecimiento en la base de los explantes, incrementándose con el tiempo.

La fenolización es común en el laboratorio de cultivo in vitro y puede afectar la viabilidad y el desarrollo de los explantes, y para mitigar este problema, Ramírez et al. (1998), sugirieron incorporar carbón activado al medio de cultivo, ya que actúa como adsorbente, reduciendo la concentración de compuestos fenólicos y enzimas oxidoreductasas en el medio, minimizando la oxidación y mejorando la viabilidad y el desarrollo de los explantes. Tal como lo demostraron Canchignia et al. (2008), añadiendo carbón activado al medio Murashige y Skoog, favoreció la emisión de raíces y permitió el desarrollo y crecimiento de la planta. Así mismo lo reportaron Roca & Mroginski (1991), quienes afirmaron que el carbón activado se ha utilizado para superar problemas específicos de oxidación en el cultivo de tejidos de musáceas.

#### IV. CONCLUSIONES

- La propagación in vitro de *Musa spp.* usando diferentes concentraciones de BAP mostró que la concentración de 0 mg/L-1 para Moquicho y 6 mg/L-1 para Inguiri fueron las que incrementaron la longitud de brotes. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas entre los factores para el número de hojas. Finalmente, no se observaron incremento de número de brotes, ni de raíces en los tratamientos.
- La viabilidad y el desarrollo general de los explantes se vieron limitados por factores como la falta de hormonas complementarias, problemas de contaminación y fenolización. Estos resultados subrayan la necesidad de optimizar las condiciones del medio de cultivo y del entorno ambiental para mejorar la respuesta de los cultivares.

#### V. REFERENCIAS

Bermúdez-Caraballosa, I., Rodríguez Urquiza, M., Reyes Vega, M., & Jiménez Padrón, A. (2019).

Efecto del uso combinado de dos citoquininas en la multiplicación y regeneración de yemas adventicias de banano cv. Gros Michel (*Musa AAA*). *Biotechnología Vegetal*, 19(2), 139–146.

Caldera Caldera, L. A., & López Ruiz, J. F. (2002). *Mejoramiento de la eficiencia de propagación in vitro de plátano (Musa AAB cv. Enano)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1835/>

Canchignia Martínez, H. F., Sigcha Sigcha, L. E., Toaquiza Soatunsig, J. P., Ramos Gavilanez, L. E., Saucedo Aguiar, S. G., Carranza Patiño, M. S., & Cevallos Falquez, O. F. (2008). Alternativas para la propagación in vitro de plátano variedad Maqueño (*Musa balbisiana* AAB). *Revista Ciencia y Tecnología*, 1(1), 43–48.

Canchignia, F., & Ramos, L. (2004). *Micropropagación de plátano variedad Barraganete*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Laboratorio de Biotecnología Vegetal.

Florio, S., & Mogollón, N. (2011). Efecto de dos citocininas y dos estados físicos del medio de cultivo sobre la multiplicación in vitro del plátano Hartón Gigante (*Musa AAB*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28, 10.

Héctor, E., Torres, A., Algae, S., Cabañas, M., & López, A. (2007). Propagación in vitro del plátano macho (*Musa spp. AAB*) clon Sobrino con los bioestimulantes cubanos BB-6 y Biostan como sustitutos de los reguladores del crecimiento. *Cultivos Tropicales*, 28(1), 13–18.

Jambhale, N., Patil, S., Jadhav, A., Pawar, S., & Waghmode, B. (2001). Effect of number of subcultures on in vitro multiplication of four banana clones. *InfoMusa*, 10(1), 38–39.

Jiménez, G. E. (1995). *Propagación in vitro de la caña de azúcar (Saccharum spp. híbrido)* [Tesis doctoral]. Universidad Central de las Villas, Instituto de Biotecnología de las Plantas.

Khalid, N. (2011). Effect of benzylaminopurine (BAP) pulsing on in vitro shoot multiplication of *Musa acuminata* (banana) cv. Berangan. *African Journal of Biotechnology*, 10, 2446–2450.

Khalidun, A., Haque, M., Uddin, M., & Billah, M. (2007). Effect of BAP and IAA on in vitro plantlet regeneration of local banana (*Musa spp.*) cultivars. *International Journal of Sustainable Agricultural Technology*, 3(2), 24–29.



Esta obra está bajo la licencia:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> (CC BY-NC-SA 4.0)

- Medina, M. A., Medina, C. L., & Medina, L. K. (2015). Propagación in vitro de *Musa acuminata* (Simmonds) plátano bocadillo del Chocó, Colombia, a partir del cultivo de meristemos apicales. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 13(1), 22–30.
- Miraval, J. (2017). *Efecto de dos concentraciones de bencilaminopurina (bap) en la regeneración in vitro de meristemas florales de dos cultivares de Musa spp.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1130>
- Mohammad, Z. I., & Saleha, A. (2011). *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L.: A phytochemical and pharmacological review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(5), 201–211.
- Peres de Oliveira, J., Da Silva Costa, F., & Scherwinski-Pereira, J. (2008). Micropropagación y estimativa de producción de mudas de bananos para la Amazonia Occidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43, 1429–1432.
- Ramírez, M., Lindorf, H., & García, E. (2008). Cambios morfoanatómicos en los ápices del vástago y de la raíz del banano Williams (*Musa spp. AAA*) bajo distintas concentraciones de N6-benciladenina. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 92(1–2), 53–72.
- Roca, W., & Mroginski, L. (1991). *Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Sandoval, J. A. F., Brenes, G. G., & Pérez Sánchez, L. (1991). *Micropropagación de plátano y banano (Musa AAB, AAA) en el CATIE* (Serie Técnica, Informe Técnico/CATIE N.º 186). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
- Soto, M. (1990). *Bananos: Cultivo y comercialización* (2.ª ed.). Ed. Lil S.A.
- Valle Torres, R. M. (2021). *Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de plátano (Musa × paradisiaca L.): Revisión de literatura* [Trabajo académico de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. Biblioteca Digital Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a1f1ebbb-a513-460a-9173-45a8466e3749/content>
- Waman, A. A., Bohra, P., & Sathyanarayana, B. N. (2014). Not all sugars are sweet for banana multiplication: In vitro multiplication, rooting, and acclimatization of banana as influenced by carbon source–concentration interactions. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 50(5), 552–560. <https://doi.org/10.1007/s11627-014-9623-3>
- Wijerathna, Y. M., & Kumarihami, H. M. (2016). Effects of different hormonal concentrations and culture medium on multiplication and rooting of Stage II banana (*Musa*). *Notulae Scientiae Biologicae*, 8(1), 69–72. <https://doi.org/10.15835/nsb.8.1.9749>