

# **Multiplicación *in vitro* de plátano: Revisión de literatura**

**Joffre Andre Carrión Paredes**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2020

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Multiplicación *in vitro* de plátano: Revisión de literatura**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Joffre Andre Carrión Paredes**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2020

# Multiplicación *in vitro* de plátano: Revisión de literatura

Presentado por:

Joffre Andre Carrion Paredes

Aprobado:



---

María Alexandra Bravo, M.Sc.  
Asesora Principal



---

Rogel Castillo, M.Sc.  
Director  
Departamento de Ciencia y Producción  
Agropecuaria



---

[Cinthya Martínez \(Nov 12, 2020 17:16 CST\)](#)  
Cinthya Martínez, Mtr.  
Asesora



---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Vicepresidente y Decano Académico

# Multiplicación *in vitro* de plátano: Revisión de literatura

Joffre Andre Carrión Paredes

**Resumen.** 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. Los objetivos de esta revisión fueron conocer los avances en la micropropagación de plátano y el efecto de las citoquininas en la etapa de multiplicación. La revisión se realizó entre mayo y agosto de 2020, la información fue obtenida de las bases de datos: Springer Link, Scielo, Biotecnología Vegetal, se utilizó información a partir de los últimos 30 años enfocado en los avances de la micropropagación del plátano de artículos en español y de Latinoamérica. El medio de cultivo más usado para el plátano es el de Murashige y Skoog. Las citocininas tienen el efecto de multiplicación celular en las plantas, permitiendo obtener un promedio de cinco brotes por explante, la citocinina más usada es la 6- Bencilaminopurina (BAP). En el enraizamiento las auxinas más usadas son el ácido indolacético (AIA), el ácido naftalenacético (ANA), y en la etapa de aclimatación se debe de mantener una sombra al cultivo del 75%, una humedad relativa constante del 80-90% y temperaturas de 21 °C a 27 °C. Se concluyó que el medio Murashige y Skoog es ideal para el plátano, debido a sus resultados combinado con el BAP se obtuvo un mayor número de brotes por meristema y la dosis recomendada para el uso de BAP es de 3 a 5 mg/L en la etapa de multiplicación.

**Palabras Claves:** Citocininas, fitohormonas, micropropagación, plátano.

**Abstract.** *In vitro* propagation is a technique that allows mass propagation under aseptic and controlled conditions. This technology gives the advantage of obtaining uniform plants, and free of pathogens. The objectives of this review were to know the advances in plantain micropropagation and the effect of cytokinins in the multiplication stage. The review was carried out between May and August 2020, the information was obtained from the databases: Springer Link, Scielo, Vegetal Biotechnology, information from the last 30 years was used focused on the advances of the micropropagation of the plantain of articles in Spanish and Latin America. The most widely used growing medium for plantain is that of Murashige and Skoog. Cytokinins have the effect of cell multiplication in plants, allowing obtaining an average of five shoots per explant, the most used cytokinin is 6-Benzylaminopurine (BAP). In rooting, the most used auxins are indoleacetic acid (IAA), naphthaleneacetic acid (ANA), and in the acclimatization stage a shade of 75% must be maintained, a constant relative humidity of 80-90% and temperatures from 21 °C to 27 °C. It was concluded that the Murashige and Skoog medium is ideal for plantain, due to its results combined with BAP, a greater number of shoots per meristem were obtained and the recommended dose for the use of BAP is 3 to 5 mg / L in the multiplication stage.

**Key words:** Cytokinin, micropropagation, phytohormones, plantain.

## ÍNDICE GENERAL

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>13</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>15</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Medio de cultivo de Murashige y Skoog modificado para el establecimiento <i>in vitro</i> de plátano a partir de meristemas .....	7
2. Medio de Krikorian y Cronauer para la multiplicación <i>in vitro</i> de banano .....	8
3. Efecto de la dosis de Bencil Amino Purina (BAP) en el número de brotes en plátano ( <i>Musa x paradisiaca L.</i> ) .....	10

# 1. INTRODUCCIÓN

El plátano pertenece a la familia de las musáceas, es una planta herbácea y es un cultivo muy importante en trópico y en zonas cálidas del mundo (Álvarez *et al.* 2013). Esta planta perenne se compone de un tallo subterráneo conocido como cormo, del cual brota un pseudotallo aéreo, el cormo emite raíces y yemas laterales de las cuales se forman hijuelos (Lardizabal 2007). Para un desarrollo óptimo del cultivo y una adecuada producción se requieren temperaturas entre 25 y 30 °C y una precipitación media anual entre 1500 y 2000 mm (Ravi y Mohamed 2013). Todas las musáceas se derivan de una especie con semillas originaria del archipiélago Malayo, Filipinas y otras regiones de Asia suroccidental y han evolucionado a un fruto sin semillas (FHIA 1994).

El plátano se encuentra entre unos de los cultivos mas importantes y demandados del mundo, esto es debido a que es una fuente energética, sus carbohidratos facilmente asimilables, proteínas, grasas, y su riqueza en vitaminas y minerales (Roels *et al.* 2005). Alrededor del mundo se cultivaron 5.8 millones de hectáreas de plátano, de las que se obtuvieron 39 millones de toneladas de fruta cosechada, en América Latina y el Caribe se alcanzó una producción total de 10.5 millones de toneladas, correspondiente al 26.9% de la producción mundial (FAOSTAT 2018).

El cultivo de plátano suele propagarse de manera convencional por medio de hijos que se desarrollan a partir de la base de la madre, los hijos tienen una fuerte conexión vascular con la planta madre lo cual permite suplirlo con nutrientes y defensas para una rápida propagación y multiplicación (Norzulaani y Boo Chin 2016). Los métodos de propagación de Musáceas consisten en el uso de hijos obtenidos del campo, los hijos de espada o cormos pueden utilizarse siempre y cuando provengan de plantaciones bien manejadas libres de plagas y enfermedades, también se pueden utilizar plantas reproducidas en viveros y plantas producidas a partir de técnicas de cultivos de tejido (Galán *et al.* 2018).

La propagación *in vitro* es una técnica en la que se extrae una parte de la planta llamada explante y se cultiva en condiciones asépticas en un medio de cultivo, el cual contiene macronutrientes, micronutrientes, carbohidratos, vitaminas, reguladores de crecimiento y en ciertas ocasiones aminoácidos, todo esto bajo un ambiente controlado (Sandoval *et al.* 1991). El potencial productivo de yemas vegetativas de las musáceas es alto, equivale al número de hojas que emiten las plantas durante su ciclo productivo (38 a 42). Sin embargo, se aprovecha un máximo de cinco a 10 yemas por planta, representando un 25% del potencial productivo de yemas. Con el propósito de aprovechar más eficientemente el referido potencial, se han desarrollado diferentes metodologías que se aplican a las musáceas para inducir la brotación de yemas y/o acelerar su proceso de desarrollo (FHIA 2009).

Haciendo uso de la totipotencia celular se ha desarrollado la técnica de cultivo de tejidos vegetales, obteniendo como ventajas la propagación masiva y uniforme de especies vegetales, la producción de plantas en condiciones asépticas, la propagación clonal de plantas élites, con características de rendimiento de producción sobresalientes, y resistentes a patógenos. Como desventaja tenemos el alto costo de inversión para los equipos necesarios, personal altamente capacitado y el mantenimiento del laboratorio (Angarita y Perez 1984). Al momento de realizar propagación *in*

*vitro* aumentamos esta tasa de multiplicación y es posible obtener hasta 1000 plantas de un meristemo, gracias a los reguladores de crecimiento que permiten un acelerado y mejor desarrollo de la planta, es muy importante mantener un balance hormonal para obtener resultados favorables (Castillo 2004).

Los reguladores de crecimiento estimulan el crecimiento de la planta, las auxinas forman parte de las hormonas vegetales al igual que las citoquininas, y regulan muchos aspectos en el desarrollo vegetal. Entre las auxinas está el ácido indolacético (IAA) es su forma predominante, y estimula la elongación o alargamiento de celular como es en el tallo y también en la formación de raíces. Las citoquininas promueven la proliferación celular y mantienen el crecimiento en los tejidos vegetales, favoreciendo la formación de brotes, apertura de estomas e inhibición de la senescencia de las hojas, la citoquinina mayormente usada es la 6- Bencilaminopurina (BAP) (Hoyos *et al.* 2008)

Los objetivos de esta revisión literaria fueron:

- Conocer avances en la micropropagación de plátano.
- Conocer el efecto de las citoquininas en la etapa de multiplicación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La revisión se realizó entre el mes de mayo y septiembre de 2020, la información fue obtenida de revistas científicas sobre la micropropagación *in vitro*. Las bases de datos utilizadas para la revisión literaria fueron Springer Link, Scielo, Biotecnología vegetal y Research Gate, CIAT y JAIR, de igual manera páginas oficiales como es FAO y FAOSTAT.

Las bases de datos fueron seleccionadas debido a la variedad de información disponible, investigaciones actualizadas y la facilidad de uso para buscar artículos científicos. En las bases de datos se utilizó información a partir de los últimos 30 años, priorizando la información de los años recientes. La mayor parte de la información fue encontrada en artículos publicados en español por autores de Latinoamérica.

La biblioteca digital utilizada para la investigación fue la biblioteca Wilson Popenoe perteneciente a la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano y Google Scholar.

Las palabras clave utilizadas para la búsqueda rápida fueron: [micropropagación, plátano, medios de cultivo, fitohormonas, citocininas, “micropropagation”, “platain”, “multiplication”, “phytohormones”].

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Micropropagación en Plátano**

Los primeros aportes e investigaciones que se realizaron sobre la multiplicación *in vitro* de plátanos y bananos fueron realizados en China y Taiwán en la década de 1970, se inició de una manera limitada con pocos cultivares de Musa AAA, posteriormente de manera fundamental la variedad Cavendish. En la década de 1980, varios cultivares de diferentes grupos genómicos de Musa, lograron una amplia multiplicación *in vitro* permitiendo un mejor desarrollo del cultivo en campo y disponibilidad de fruta para el mercado. La producción *in vitro* en plátano conlleva un gran número de ventajas dentro de la producción de campo, y debido a esto es muy probable que el plátano esté dentro de uno de los cultivos micropropagados con mayor intensidad (Galán *et al.* 2018).

En Colombia cerca de cinco mil productores se han vinculado al proceso de la micropropagación en plátano, esto es debido a la reducción de costos unitarios de producción y un manejo mayor sostenible para el ambiente. Los laboratorios indican que dentro del proceso no existe estacionalidad para el cultivo, por lo cual se produce de manera constante en el año, las plántulas obtenidas son de alta calidad fitosanitaria, materiales libres de enfermedades, correctamente seleccionados y desinfectados, la estructura usada para la propagación proviene del meristemo (Cardona 2018).

Hace 15 años se estimó que los laboratorios de micropropagación proveían alrededor de 15 millones de plántulas de plátano anualmente, propagadas a partir de ápices. Con una densidad de siembra promedio de 2,500 plántulas por hectárea, se estima que se establecieron unas 6,000 hectáreas (Zúñiga 2004). En banano se estimó en el año 2003 el uso de 50 millones de plántulas provenientes de meristemas cultivados *in vitro* (FAO 2019), lo que equivale a 20 mil hectáreas plantadas.

En Ecuador laboratorios de micropropagación como GrupoGrandes y OrangeLab, producen musáceas, siendo GrupoGrandes los mayores productores con un promedio de 1.5 millones de musáceas anuales y Orange Lab con un estimado de 500,000 plántulas de plátano. Un laboratorio comercial en Honduras producen anualmente 1.5 millones de plántulas de plátano, de estas 300,000 plántulas son exportadas a Ecuador (Información proporcionada por los jefes de cada laboratorio en conferencia telefónica). Esto indica que en Ecuador de estos tres laboratorios se siembran un aproximado de 770 ha al año con plantas provenientes de micropropagación.

El cultivo *in vitro* de plátano permite regenerar plantas sanas a partir de plantas infectadas, al poder aplicar métodos y técnicas para sanear los explantes por lo cual es muy importante priorizar la etapa de selección, desinfección del material vegetativo, y la indexación una vez establecido para luego realizar la multiplicación de plantas sanas (Tchatchambe *et al.* 2020).

#### **Organogénesis directa a partir de meristemas**

La organogénesis se caracteriza por ser un evento morfogénico, es la formación de un primordio unipolar a partir de una yema con el subsiguiente desarrollo de un brote vegetativo (Norzulaani y Boo Chin 2016). La organogénesis directa es considerada una técnica simple y muy utilizada, y se

consige estableciendo yemas, ápices, meristemas y domos meristemáticos. Los explantes más utilizados en el plátano son meristemas extraídos de cormos.

La organogénesis directa es una vía de regeneración de órganos, genera brotes a partir de un explante de forma directa, es decir sin la formación previa de callo. Es una herramienta muy utilizada para producir masivamente plántulas libres de enfermedades, esta vía de regeneración es aconsejable debido a que en la micropropagación masiva lograremos tener una mayor uniformidad en nuestra plantación a demás de que el tiempo de establecimiento a multiplicación es más corto comparado con la organogénesis indirecta (Martin *et al.* 2015).

### **Fuente de explantes y desinfección superficial**

En la micropropagación se pueden utilizar diferentes tipos de explantes, un explante es un tejido vivo separado de su órgano propio y transferido a un medio artificial, para la obtención del material vegetativo lo más común es realizar una extracción de meristemas a partir de cormos. Para una correcta selección es muy importante tomar en cuenta las características organolépticas de la planta, un crecimiento vigoroso, que se encuentre sana, saludable y que la planta madre haya tenido una buena producción (Norzulaani y Boo Chin 2016).

El cormo es una semilla vegetativa que cumple la función de emitir raíces y yemas vegetativas, los cormos que serán extraídos deben ser desinfectados y es necesaria la reducción de tamaño para un correcto establecimiento en el medio de cultivo. Para la desinfección del material vegetal se realiza un lavado con una solución de agua y jabón, luego se realiza una reducción de tamaño. Todas las herramientas se desinfectan con soluciones de hipoclorito de sodio (NaOCl) (4.72% ingrediente activo), antes de realizar cada reducción. La desinfección se realiza sumergiendo los explantes en NaOCl al 30% (volumen/volumen) + 2 gotas de Tween 80 por cada 100 mL de solución durante 15 minutos, obteniendo nuestro material vegetativo listo para la reducción de tamaño y establecimiento del cultivo (Vintimilla Ulloa 2018; Osorio Vega 2019).

Los protocolos de desinfección de explantes de plátano varían de un laboratorio a otro, pueden llegar a utilizar diferentes reactivos y con diferentes frecuencias, el lavado con agua y jabón y el uso de agua destilada estéril y compuestos desinfectantes es indispensable. Para la desinfección de explantes se reportó en los laboratorios la similitud de usar hipoclorito de sodio, siendo uno de los compuestos más efectivos en comparación al cloruro de mercurio. El surfactante Tween 20 o 80 también es muy usado, este cumple la función de mejorar el contacto del desinfectante con el explante, siendo de mucho uso en los protocolos de desinfección. También se reporta el uso de ácido cítrico que evita o reduce la oxidación provocado por los fenoles que secretan las musáceas cuando se realizan los cortes (Fernández y Valencia 1997; Osorio Vega 2019; Dhanalakshmi y Stephan 2014; Borges *et al.* 2010).

### **Selección y preparación del material**

El inicio del proceso de micropropagación es en el campo, realizando la selección de la planta madre para extraer el material vegetal, usualmente los hijuelos de la planta son recolectados y es muy importante que cumplan las siguientes características: vigor de crecimiento, una altura entre 0.5 y 0,7 m, correcta apariencia y característica del fruto de la planta madre (Zúñiga 2004).

Una vez seleccionado el material, es transportado al laboratorio para remover partes externas del corno hasta obtener aproximadamente secciones de 5 cm de largo y de diámetro, para así ser sometido a un proceso de desinfección con el objetivo de eliminar patógenos exógenos, el protocolo puede variar de un laboratorio a otro. Con el procedimiento de desinfección anteriormente mencionado, en la cámara de flujo laminar se realizará un proceso de enjuague con agua destilada estéril y una reducción de tamaño de explantes hasta tener el meristemo apical de tamaño entre 0.5-0.6 mm para iniciar la etapa de establecimiento (Sandoval *et al.* 1991).

### **Establecimiento**

En la fase de establecimiento consta de colocar el material vegetativo en un medio de iniciación por un período aproximadamente de 30 días, esta etapa debe permanecer bajo condiciones controladas y favorables para el cultivo, se recomiendan condiciones de 16 horas luz, 30 °C y una humedad relativa entre el 60-70%. Es muy importante tomar en cuenta el grado de contaminación en el cultivo, que puede ser causa por alguna bacteria endógena, este no debe exceder del 5%. Los explantes no deben presentar heridas al momento de manipularlos con las herramientas de disección, para evitar problemas de oxidación (Álvarez *et al.* 2013).

Durante esta fase los explantes se desarrollan y se tornan de una coloración verde, aumentan su diámetro en su parte basal y presentan dominancia apical, se pueden observar pequeños brotes adventicios y esto puede ser causa de la cantidad de BAP utilizado en el medio. En *Musa x paradisiaca L.* se evaluó un tratamiento con un medio suplementado con 4 mg/L en la etapa de establecimiento, se obtuvieron 2.75 brotes por explante al días 68, cada 21 días es necesario un cambio o refrescamiento del medio y limpieza de cultivo eliminando los tejidos fenolizados (Osorio Vega 2019).

### **Medios de cultivo *in vitro* para plátano**

En la micropropagación comercial se han utilizado diferentes medios de cultivo, resaltando los medios semisólidos debido a los buenos resultados son los más usados, estos medios contienen un agente gelificante, que le permite a nuestro cultivo tener una mayor estabilidad y sostenerse en una posición determinada. Estos medios son colocados en frascos de vidrio de diversas formas y tamaños que pueden ser esterilizados y sellados, lo que permite mantener asepsia y evitar la evaporación excesiva a del medio de cultivo, su uso es una alternativa ideal dentro de los factores económicos y de producción en la propagación vegetal del género *Musa* (Kacar *et al.* 2010).

Independientemente del método de multiplicación de plantas utilizado en la micropropagación de plátano, el uso del medio de cultivo es un aspecto de vital importancia para la propagación *in vitro*. La utilización del medio de cultivo permite disminuir las manipulaciones a realizar, incrementar los coeficientes de multiplicación y reducir los costos (Dhanalakshmi y Stephan 2014).

Generalmente en el caso de la micropropagación de musáceas, se ha utilizado el medio Murashige y Skoog (MS), que fue desarrollado por Toshio Murashige y Folke Skoog en 1962 (Cuadro 1). Partiendo de esta composición basal de sales en la formulación MS, se han incorporado modificaciones adicionando vitaminas, sacarosa, reguladores de crecimiento y gelificando generalmente con agar. Los mejores resultados se han realizado gracias a este medio, debido a sus

altos niveles de nitrógeno y potasio, la omisión de estos elementos causa un detrimento en el crecimiento de explantes, hojas y formación de brotes (Arun y Bohra 2014).

Cuadro 1. Medio de cultivo de Murashige y Skoog modificado para el establecimiento *in vitro* de plátano a partir de meristemas.

Componentes	Fórmula	Nombre común	mg/L
Macroelementos	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Nitrato de amonio	1650.000
	KNO <sub>3</sub>	Nitrato de potasio	1900.000
	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	Sulfato de magnesio heptahidratado	370.000
	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	Cloruro de calcio bihidratado	440.000
Microelementos	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato monobásico de potasio	170.000
	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Ácido bórico	6.200
	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	Cloruro de cobalto hexahidratado	0.025
	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	Sulfato de cobre pentahidratado	0.025
	KI	Yoduro de potasio	0.830
	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	Sulfato de manganeso tetrahidratado	22.300
	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	Molibdato de sodio bihidratado	0.250
	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	Sulfato de zinc heptahidratado	8.600
	FeNa EDTA	Hierro Sodio Etilendiaminotetraacético	50.000
	Vitaminas		Inositol
		Tiamina	0.100
		Piridoxina	0.500
		Ácido Nicotínico	0.500
Reguladores	Citocinina	Bencialminopurina	3.000
	Auxina	Ácido Naftaleneacético	1.000
Carbohidratos		Sacarosa	30000.000

Fuente: Hoyos *et al.* 2008

Para la formulación del medio en la etapa de multiplicación se utiliza además de las sales MS, myo-inositol 100 mg/L, sacarosa 30 gr/L, , tiamina 1 mg/L, glicina 1 mg/L, L-cisteína 1 mg/L, piridoxina 0.5 mg/L, ácido nicotínico 0.5 mg/l y con un pH de 5.8 (Hoyos *et al.* 2008). Las vitaminas son muy importantes para el desarrollo *in vitro*. La tiamina generalmente se la utiliza en una mayor cantidad, debido a su importancia en el metabolismo celular que permite darle un buen crecimiento a la planta, y resulta adecuada para la inducción de callos (Galán *et al.* 2018).

La sacarosa es el azúcar que mayormente se emplea en el medio de cultivo como fuente de carbono, siendo incorporada por lo general a una concentración del 3% durante la fase de multiplicación de plátano, permitiendo un mejor desarrollo en las plantas (Galán *et al.* 2018). Se ha logrado obtener una mayor cantidad de vitroplantas de alto vigor en el medio de cultivo MS suplementado con

sacarosa, existen otras fuentes de carbohidratos como es glucosa, glicerol y pentosa, sin embargo es preferible la sacarosa debido a que es un disacárido sintetizado y existen buenos productos en el mercado. Por lo que es evidente que los medios de cultivo deben contener sacarosa para obtener un buen desarrollo de nuevos brotes (Matinez *et al.* 2008).

Estudios demuestran que el uso del medio de cultivo MS incrementa la tasa de multiplicación de brotes en los cultivares de plátano, estimulando hasta cinco brotes por meristema, comparado con el medio de Krikorian y Cronauer (1984) (Cuadro 2), que solo logró obtener aproximadamente tres brotes por meristema en la micropropagación de banano (Ubilla Navarro 2016). Se menciona este medio como referencia ya que muchos laboratorios usan este medio para plátano sin tener los mejores resultados. La regeneración de plantas y enraizamiento se puede lograr en un medio que carezca de reguladores de crecimiento. El medio de cultivo MS proporciona una línea de base para el trabajo futuro en micropropagación, mejoramiento genético y conservación del cultivo de plátano (Sipen y Davey 2012). El uso de fitohormonas es indispensable en el medio de cultivo, solo de esta manera podemos obtener una mayor multiplicación de brotes de una manera masiva (Bohra *et al.* 2014).

Cuadro 2. Medio de Krikorian y Cronauer para la multiplicación *in vitro* de banano.

Componentes	Fórmula	Nombre Común	mg L <sup>-1</sup>
Macro elementos	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	Cloruro de calcio bihidratado	440.000
	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato monobásico de potasio	170.000
	KNO <sub>3</sub>	Nitrato de potasio	1,900.000
	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	Sulfato de magnesio heptahidratado	370.000
	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Nitrato de amonio	1650.000
Micro elementos	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Ácido bórico	6.200
	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	Cloruro de cobalto hexahidratado	0.025
	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	Sulfato de cobre pentahidratado	0.025
	KI	Yoduro de potasio	0.830
	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	Sulfato de manganeso tetrahidratado	22.300
	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	Molibdato de sodio bihidratado	0.250
	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	Sulfato de zinc heptahidratado	8.600
	FeNa EDTA	Sal férrica sódica de ácido Etilendiaminotetraacético	50.000
Compuestos Orgánicos		Tiamina- HCL	1.000
		Inositol	100.000
		BAP	5.000
		Sacarosa	40,000.000

Fuente: Krikorian y Cronauer (1984)

El medio de Krikorian y Cronauer (1983) es una modificación de la formulación MS adaptado para la progeración de banano, modificando la composición orgánica del medio de cultivo, reemplazando vitaminas, incluyendo la fuente de carbono, sacarosa por dextrosa, demostrando los mismos resultados en la etapa de multiplicación aunque no es muy recomendable debido al incremento en los costos de producción (Vuylsteke 1998).

Las variedades de banano Gros Michel y Williams fueron evaluadas en el medio de Krikorian y Cronauer, utilizando como material vegetativo cormos de hijuelos, en la etapa de multiplicación, dentro de un período de 21 días los resultados de inducción de nuevos brotes tuvo un promedio de 3.34 brotes por explante. En conclusión, se determinó que el medio de cultivo con el uso de fitohormonas es favorable para la inducción/formación de nuevos brotes (Ubilla Navarro 2016).

De todos modos, el medio Krikorian y Cronauer (KC) obtuvo un menor promedio de brotes por meristema en comparación al medio MS, se puede deducir esto debido a que el medio KC omitió compuestos orgánicos como es la piridoxina y el ácido nicotínico que son vitaminas consideradas importantes para el metabolismo celular, síntesis de enzimas y estimulación de raíces.

### **Citocininas en la etapa de multiplicación *in vitro* de plátano**

Las citocininas fueron descubiertas por Haberland en 1913 después que propuso que existían hormonas que estimulaban la división celular. Sin embargo, Miller en la década de 1950 promovió la proliferación celular y crecimiento de tejidos vegetales en base a las citocininas, poco después de su descubrimiento, Skoog y Miller propusieron el desarrollo de nuevos órganos en las plántulas gracias al balance existente entre las auxinas y citocininas (Murray 2005). Las citocininas promueven la división celular estimulando la progresión de un nuevo ciclo celular, causando un efecto directo en la generación de brotes, esta hormona se sintetiza en la raíz transportándose al tallo debido a los haces vasculares, estimulando el desarrollo de brotes laterales y la multiplicación celular del meristemo apical, por lo cual se considera fundamental en la etapa de multiplicación (Hoyos *et al.* 2008).

La adición de reguladores de crecimiento al medio de cultivo es considerada indispensable en la micropropagación *in vitro* comercial del género *Musa*, debido a que determinan el crecimiento y multiplicación celular. La citocinina más común que se utiliza es la 6- Bencilaminopurina (BAP), en las etapas de establecimiento y en la de multiplicación, con diferencias de concentración entre estas dos etapas para poder inducir el desarrollo y proliferación de brotes de manera adecuada (Galán *et al.* 2018).

Las citocininas influyen la proliferación de brotes y alargamiento de plátano, que puede atribuir factores como la producción masiva y uniformidad en el desarrollo de la planta (Bohra *et al.* 2014). El medio de cultivo MS ha demostrado una relación muy favorable junto con los reguladores de crecimiento, favoreciendo o induciendo una mayor enlogación *in vitro* plantas y un mayor número de brotes por explante gracias a la correcta dosificación de citocininas en el cultivo de plátano (Medina *et al.* 2015).

En la micropropagación de diferentes variedades de plátano la concentración óptima de BAP puede ser muy variada, pudiendo obtener mejores resultados en cuanto a la inducción de yemas y en la formación de los brotes. Este efecto se debe a la variabilidad genética que existe entre una especie

y otra, la variabilidad genética influye en respuesta a las hormonas y a sus concentraciones en el medio de cultivo, por lo tanto la regeneración de brotes será variable (Matinez *et al.* 2008).

El medio de cultivo con suplementos hormonales como son las citocininas, induce múltiples brotes, produciendo la formación de aglomeraciones y capacidad del cultivo para poder dividirse a una cantidad mayor de manera expansiva (Vuylsteke 1998). Las citocininas inducen la multiplicación de brotes, las dosis de 2.5 a 5 mg/L de BAP se pueden considerar óptimas para la inducción de nuevos brotes y formación de yemas múltiples en plátano (Cuadro 3). Es también importante conocer que el ratio citocininas/auxinas pueden afectar las expresiones del crecimiento del cultivo (Medina *et al.* 2015).

Cuadro 3. Efecto de la dosis de 6-Bencil Amino Purina (BAP) en el número de brotes en plátano (*Musa x paradisiaca L.*)

BAP mg/L	Número de brotes/meristema	Período (días)	Referencia
5	3.34	21	(Ubilla Navarro 2016)
3	25.8	90	(Medina <i>et al.</i> 2015)
5	3.0-6.0	15	(Muhammad <i>et al.</i> 2013)
5	5.4	60	(Montenegro <i>et al.</i> 2013)
4	5.0	30	(Sipen y Davey 2012)
5	5.3	45	(Florio <i>et al.</i> 2010)
5	5.0-5.7	21	(Hoyos <i>et al.</i> 2008)
4	4.0	25	(Rodriguez <i>et al.</i> 2004)
4.5	3.9	21	(Talengera <i>et al.</i> 1994)
3-5	2.0-4.5	45	(Sandoval <i>et al.</i> 1991)

### Enraizamiento

La etapa de enraizamiento es el proceso de inducción de formación de raíces con el objetivo de obtener una planta completa, al obtener los brotes obtenidos de la fase de multiplicación es muy importante inducir el enraizamiento, para ellos se utiliza el mismo medio MS al igual que en las etapas anteriores, exceptuando las citocininas y se agrega auxinas. Los brotes que presenten un tamaño alrededor de 1 a 1.5 cm son separados individualmente y colocados en su respectivo medio para obtener plantas completas (Florio *et al.* 2010).

Las plántulas deben estar en un período aproximado de 30 días para una correcta proporción de raíz-follaje, se indica que se puede obtener un promedio de siete de raíces por brote con una longitud de 10 cm, con abundancia de pelos abosrbentes, estas características permitirán mejorar la calidad de las plantas al comenzar su proceso de adaptación en condiciones *ex vitro* (García *et al.* 2015).

### Aclimatación

La etapa de aclimatación es un proceso por el cual nuestra planta debe ser adaptada fisiológicamente a los cambios de su ambiente controlado, esta etapa es considerada una de las más

importantes en el proceso de micropropagación *in vitro*, debido a que la planta es sometida a un alto grado de estrés debido al fuerte cambio que recibe al salir del laboratorio, es necesario que se realice una correcta aclimatación porque es el proceso definitivo que hará terminar las plantas en campo. El principal problema que sufre la planta es que en laboratorio sus condiciones le permiten ser una planta heterótrofa, por lo que al pasar a un ambiente sin un medio nutricional, la planta debe obtener los nutrientes de manera autótrofa, una práctica que puede favorecer el desarrollo y adaptación de la planta es realizar una aplicación foliar de macro y micro nutrientes a partir de los 15 días (Zúñiga 2004).

El substrato a usar para transplantar la vitroplántula debe ser preferiblemente de textura arenosa y estar esterilizado, para un mejor desarrollo y facilidad de adaptación de raíces y para evitar cualquier tipo de patógeno. La etapa de adaptación dura aproximadamente 60 días, obteniendo una altura promedio de 17 cm y seis hojas nuevas, será necesario pasar a un contenedor más amplio es necesario desarrollar metodologías de adaptación muy prácticas con la finalidad de obtener un porcentaje de supervivencia no menor al 95%, una vez finalizada la etapa, las plantas estas preparadas para realizar su siembra definitiva en campo (Norzulaani y Boo Chin 2016).

El estrés es causado por la susceptibilidad de la planta misma, debido a que vienen de un medio donde no sufren la presión de estar expuesto a patógenos y la falta de humedad, pudiendo generar deshidratación en la planta. Es importante mantener un ambiente con una humedad del 80-90%, con temperatura de 21 a 27 °C, y de baja intensidad lumínica durante las primeras tres semanas, se requiere un 75% de sombra que puede ser modificado en el invernadero utilizando mallas de sombreo lo que evitará quemaduras de follaje (Galán *et al.* 2018).

### **Uso de medio líquido en sistemas de inmersión temporal automatizados**

El sistema de inmersión temporal (SIT), ofrece una alternativa viable en la multiplicación *in vitro*, los brotes son sumergidos frecuentemente en un medio líquido y luego se expone a un entorno gaseoso, esto permite obtener una mayor multiplicación de brotes, reducir contaminación, incrementar eficiencia y calidad en plantas. En los últimos años el sistema de inmersión temporal ha logrado desarrollar la posibilidad de automatizar algunas de las etapas de la micropropagación *in vitro* convencional, optimizando el proceso (Chavez *et al.* 2019).

El medio líquido ha sido utilizado en el sistema de inmersión temporal (SIT) por mucho tiempo, en la última década utilizando la técnica de la organogénesis se ha observado un incremento en los rangos de multiplicación *in vitro* en el plátano. El SIT nos permite combinar la capacidad de airear el tejido vegetal y proporcionar contacto el medio líquido (Ziv 2005). Las ventajas del medio líquido en biorreactores es que el recambio del medio se realiza con mayor facilidad, se puede trabajar con un mayor volumen de medio y mayor número de explantes dependiendo del frasco, se ha demostrado un mejor desarrollo en la planta, y un incremento en número de brotes por explante. La exposición continua del material de propagación en un estado líquido es una desventaja de esta técnica debido a que corre riesgo de causarle a la planta problemas de asfixia o hiperhidricidad (Berthouly y Etienne 2005).

La automatización de un SIT permite controlar la activación de un temporizador programable para determinar la frecuencia y duración de la inmersión, sistemas para regular temperatura o suministro de nutrientes al biorreactor, obteniendo una mejor crecimiento y multiplicación del cultivo.

También se tiene una mayor homogeneidad de plantas propagadas, y es posible ajustar las condiciones adecuadas de acuerdo a la necesidad del cultivo, y además la reducción de costos en mano de obra pero con un costo de inversión muy alto (Espinosa *et al.* 2017).

En el sistema de inmersión temporal se analizó el índice de multiplicación en plátano, demostrando una alta tasa de multiplicación con un promedio de 8.5 brotes por explante, se demostró que junto con la utilización de citocininas esta técnica de micropropagación brindan resultados óptimos y permite reducir el costo por planta para la producción (Colmenares y Gimenez 2003). Por otro lado se encontró de igual manera con una concentración de 3 mg/L de BAP, un promedio de 8.45 brotes por explante, concluyendo que en los sistemas de inmersión temporal para obtener buenos resultados es importante tomar en cuenta el tiempo de inmersión junto con la frecuencia, la densidad de inóculo, el volumen del medio, y el período para lograr garantizar el mejor comportamiento del material vegetal (Perez *et al.* 2013).

#### **4. CONCLUSIONES**

- La investigación en micropropagación en plátano ha optimizado la multiplicación y sanidad del cultivo, permitiendo tener un mayor número de brotes por meristemo y por consiguiente plántulas sanas y con características ideales para la producción en campo.
- El uso de la citoquinina 6- Bencilaminopurina (BAP) y el medio de cultivo Musahige y Skoog ha dado mejores resultados en multiplicación con un promedio de cinco brotes por meristema.

## 5. RECOMENDACIONES

- Usar el medio de cultivo Murashige y Skoog (MS) para la multiplicación en micropropagación del plátano debido a su correcta composición basal de sales minerales y a sus buenos resultados que han sido recopilados de esta revisión de literatura
- Para la etapa de multiplicación, utilizar citoquininas con una dosis de concentración entre 3 - 5 mg/L, siendo este el rango que ha demostrado una mayor estimulación de proliferación de brotes, evitando deficiencias y excesos de esta hormona.
- Realizar pruebas en medios líquidos estáticos y en movimiento evaluando su comportamiento y desarrollo de la planta en la etapa de multiplicación

## 6. LITERATURA CITADA

- Álvarez E, Ceballos G, Gañan L, Rodríguez D, González S, Pantoja A. 2013. Producción de material de "siembra" limpio en el manejo de enfermedades limitantes del plátano. Cali Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) p.2. Último acceso: 15 de Junio de 2020. <http://www.fao.org/3/a-as090s.pdf>.
- Angarita A, Perez M. 1984. Avances del Proyecto Estudios orientados al control de la sigatoka en platano y banano. Segundo Informe Colciencias RF1000-4-36-83 60-62.
- Arun A, Bohra P. 2014. Not all sugars are sweet for banana multiplication. In vitro multiplication, rooting, and acclimatization of banana as influenced by carbon source-concentration. ResearchGate 50 (5). 552-560. DOI: 10.1007/s11627-014-9623-3
- Berthouly M, Etienne H. 2005. Temporary immersion system: a new concept for use liquid medium in mass propagation. Springer. [Consultado el 20 de sept de 2020] 12 (11). 165-195.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-3200-5\\_11#:~:text=Temporary%20immersion%20also%20generally%20improves,of%20morphologically%20normal%20somatic%20embryos.&text=Plant%20material%20propagated%20by%20temporary,semi%2Dsolid%20or%20liquid%20media](https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-3200-5_11#:~:text=Temporary%20immersion%20also%20generally%20improves,of%20morphologically%20normal%20somatic%20embryos.&text=Plant%20material%20propagated%20by%20temporary,semi%2Dsolid%20or%20liquid%20media).
- Bohra P, Arun A, Umesha K, Sathyanarayana B. 2014. Influence of Different Growth Regulators on In Vitro Multiplication of Mixed Diploid Banana (*Musa* AB). Springer DOI10.1007/s40011-014-0435-3.
- Borges M, Estrada E, Perez I, Meneses S. 2010. Uso de distintos tratamientos de desinfección, en el cultivo *Dioscorea alata* clon caraqueño. Revista Colombia de Biotecnología. [Consultado el 25 de sept. de 2020] 11(2). 127-135. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77613172013.pdf>
- Cardona O. 2018. LA MULTIPLICACIÓN IN VITRO ACELERA LA PRODUCCIÓN Y MEJORA. Agronegocios. Último acceso: 3 de julio de 2020. <https://www.agronegocios.co/tecnologia/la-multiplicacion-in-vitro-acelera-la-produccion-y-mejora-calidad-del-platano-y-el-banano-2794745>.
- Castillo A. 2004. Propagación de plantas por cultivo in vitro: INIA. Último acceso: 20 de junio de 2020. Propagación de plantas por cultivo in vitro.:P.1-2 <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807102417.pdf>

- Chavez A, Andrade M, Juarez P, Villegas O, Sotelo H, Perdomo F. 2019. EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS DE CULTIVO in vitro PARA LA MULTIPLICACIÓN DE MICROCORMOS DE GLADIOLO. Scielo. [Consultado el 15 de sept. de 2020]. 41(4a). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802018000500551#B10](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802018000500551#B10)
- Colmenares M, Gimenez C. 2003. Multiplicación in vitro de Musa spp. mediante sistema de inmersión temporal. Scielo. [Consultado el 17 de agos. de 2020]. Volume 20 (4). 468-477. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182003000400007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182003000400007)
- Dhanalakshmi S, Stephan R. 2014. Low Cost Media Options for the Production of Banana (*Musa paradisiaca* L.) through Plant Tissue Culture. Journal of Academia and Industrial Research (JAIR). [Consultado el 12 de agos. de 2020]. 2(9).509-512. <http://www.jairjp.com/FEBRUARY%202014/05%20DHANALAKSHMI.pdf>
- Espinosa O, Arellano G, Hernandez D. 2017. Automatización de un sistema de inmersión temporal con base en plataformas abiertas de hardware y software. Scielo. [Consultado el 19 de sept. de 2020] 35 (3). 269-277. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v35n3/2395-8030-tl-35-03-00269.pdf>
- FAO. 2013. Material de propagacion de calidad declarada. Food and Agriculture Organization, P. 17-19. [Consultado el 08 de agos. de 2020]. <http://www.fao.org/3/a-i1195s.pdf>
- FAO. 2019 LA BIOTECNOLOGÍA Y LA PRODUCCIÓN DE FRUTAS TROPICALES. FAO . 13 de Diciembre. Último acceso: 25 de Julio de 2020. <http://www.fao.org/3/y1896s/y1896s.htm>
- FAOSTAT. 2018. Dirección de estadística en plátano. The Statistics Division of Food and Agriculture Organization. Último acceso: 16 de junio de 2020. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>.
- Fernández R, Valencia J. 1997. Informe del proyecto de multiplicación in vitro en plátano. SENA Regional. [Consultado el 19 de agos. de 2020]. 112-118. (2). <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4196/1/Multiplicaci%C3%B3n%20in-vitro%20de%20platanos.pdf>
- FHIA. 1994. Guía para siembra y manejo agronomico de plátano. FHIA, (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), 17p.
- FHIA. 2009. Guía para la multiplicación rapida de cormos de plátano y banano. Fundacion Hondureña de Investigacion Agricola. Último acceso: 15 de junio de 2020.

[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)

- Florio S, Real L, Mogollon N. 2010. REGENERACIÓN IN VITRO DEL PLÁTANO CV. ‘HARTÓN GIGANTE’ (MUSA AAB). BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS. 44(4). [Consultado el 28 de sept. de 2020]. 425-440. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/280>
- Galán V, Rangel A, Lopez J, Perez J, Sandoval J, Souza H. 2018. Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. Scielo. 40(4). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018574>
- García M, Reyes D, Zayas J, Destrade R. 2015. Efecto de Pectimorf® en el enraizamiento in vitro de plantas de ‘FHIA-18’ (Musa AAAB). Biotecnología Vegetal. [Consultado el 26 de sept. de 2020]. 15(4). 227-232. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/500>
- Hoyos J, Roman C, Velasco J. 2008. Evaluacion de Efecto de Diferentes Cocentraciones de Fitohormonas en la Micropropagación del Plátano Dominic Hartón (Musa AAB Simmonds). Facultad de Ciencia Agropecuarias. BSAA- Universidad de Cauca, Popayán. 6(2)104p Diciembre. Último acceso: 21 de Junio de 2020. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v6n2/v6n2a13.pdf>.
- Kacar Y, Bicen B, Varol I, Mendi Y, Serce S, Cetiner S. 2010. Gelling agents and culture vessels affect in vitro multiplication of banana plantlets. Genetics and Molecular Research 9(1). 416-424. DOI: 10.4238/vol9-1gmr744
- Krikorian A, Cronauer S. 1983 Técnicas del cultivo Aséptico para mejoramiento de banano y del plátano. En: Informe mensual No 55. Panamá; p 42-47.
- Lardizabal R. 2007. Manual de producción de plátano de alta densidad. EDA. Último acceso: 15 de junio de 2020. P.6-8. <http://www.bananotecnia.com/wp-content/uploads/2008/05/MANUAL-DE-PRODUCCI%C3%93N-PRODUCCI%C3%93N-DE-PL%C3%81TANO-DE-ALTA-DENSIDAD.pdf>
- Martin R, Perez B, Alonso N. 2015. Organogénesis in vitro en el género Digitalis. Biotecnología Vegetal. [Consultado el 28 de jul. de 2020]. 15(4) 195-206. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/497/html>
- Matinez F, Sigcha E, Toaquiza P, Ramos L, Saucedo S. 2008. Alternativas para la Propagación in vitro de Plátano de variedad Maqueño (Musa balbisiana AAB). Ciencia y Tecnología (1). [Consultado el 13 de sept. de 2020]. 43-48. <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/62>

- Medina M, Medina C, Medina L. 2015. Propagación in vitro de *Musa acuminata* (Simmunds) plátano bocadillo del Choco, Colombia, a partir del cultivo de meristemos apicales. *Biodivers. Neotrop.* [Consultado el 13 de sept. de 2020]. 5(1). 47-53.  
<https://revistas.utch.edu.co/ojs5/index.php/Bioneotropical/article/view/206>
- Montenegro J, Rojas I, Quevedo D, Paredes F. 2014. Efecto del Sulpomagy complejos organicos como sustitutos del medio de cultivo de micropropagación de *Musa sp.* cavendish. *Agronomía Costarricense.* 38(1): 147-159.
- Muhammad M, Muhammad A, Hussain I, Bilal H. 2013. Optimization of In Vitro Micropropagation Protocol for Banana (*Musa Sapientum L.*) Under Different Hormonal Concentrations and Growth Media. *International Journal of Agriculture Innovations and Research.* [Consultado el 22 de sept. de 2020]. 2(1). 23-27.  
[https://www.researchgate.net/publication/245331911\\_Optimization\\_of\\_In\\_Vitro\\_Micropropagation\\_Protocol\\_for\\_Banana\\_Musa\\_Sapientum\\_L\\_Under\\_Different\\_Hormonal\\_Concentrations\\_and\\_Growth\\_Media](https://www.researchgate.net/publication/245331911_Optimization_of_In_Vitro_Micropropagation_Protocol_for_Banana_Musa_Sapientum_L_Under_Different_Hormonal_Concentrations_and_Growth_Media)
- Murray W. 2005. Citocininas. *Apuntes de Fisiología Vegetal.* Último acceso: 07 de Julio de 2020.  
<http://fisiolvegetal.blogspot.com/2012/10/citocininas.html>.
- Norzulaani K, Boo Chin T. 2016. De la A a la Z sobre micropropagación de banano y prácticas de campo. Springer. [Consultado el 24 de agost. de 2020]. 101-118.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-1917-3\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-1917-3_6)
- Osorio Vega S M. 2019. Establecimiento *in vitro* de plátano (*Musa x paradisiacac L.*) cv. “Curaré enano”. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 27 pp [Último acceso: 19 de Julio de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6618/1/CPA-2019-T056.pdf>.
- Perez M, Vega V, Delgado M, Torres J. 2013. Nueva alternativa para la micropropagación en inmersión temporal del cultivar de plátano vianda "INIVITPV-2011"(AAB). Scielo. [Consultado el 29 de sept. de 2020].15(1).  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-34752013000100010&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752013000100010&lang=es)
- Ravi I, Mohamed M. 2013. Impact, adaptation and mitigation strategies for climate resilient banana production [Tesis]. Crop Production, National Research Centre for Banana (ICAR), Tiruchirapalli, Tamil Nadu, India. 50 p. Ultimo acceso: 10 de Junio /2020  
[https://www.researchgate.net/publication/287572547\\_Impact\\_Adaptation\\_and\\_Mitigation\\_Strategies\\_for\\_Climate\\_Resilient\\_Banana\\_Production](https://www.researchgate.net/publication/287572547_Impact_Adaptation_and_Mitigation_Strategies_for_Climate_Resilient_Banana_Production)

- Rodriguez 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.). ResearchGate. [Consultado el 09 de sept de 2020]. 25(1). 23-26. [https://www.researchgate.net/publication/268433664\\_INFLUENCIA\\_DE\\_LOS\\_MEDIOS\\_DE\\_CULTIVO\\_EN\\_LA\\_MICROPROPAGACION\\_DE\\_PLATANO\\_Musa\\_spp\\_Y\\_MALANGA\\_Xanthosoma\\_sagittifolium\\_Schott](https://www.researchgate.net/publication/268433664_INFLUENCIA_DE_LOS_MEDIOS_DE_CULTIVO_EN_LA_MICROPROPAGACION_DE_PLATANO_Musa_spp_Y_MALANGA_Xanthosoma_sagittifolium_Schott)
- Roels S, Escalona M, Cejas I, Noceda C, Rodriguez R, Canal M, Sandoval J. 2005. Optimization of plantain (*Musa* AAB) micropropagation by temporary immersion system. Springer. [Consultado el 29 de sept. de 2020]. 8(2). 57-66. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11240-004-6746-y>
- Sandoval J, Brenes G, Perez Sanchez L. 1991. Micropropagacion de Banano y Platano en el CATIE. Informe Tecnico CATOE N° 186. Último acceso: 17 de Junio de 2020. [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3124/Micropropagacion\\_de\\_platano\\_y\\_banano.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3124/Micropropagacion_de_platano_y_banano.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Sipen P, Davey M. 2012. Effects of N6-benzylaminopurine and Indole Acetic Acid on In Vitro Shoot Multiplication, Nodule-like Meristem Proliferation and Plant Regeneration of Malaysian Bananas (*Musa* spp.). Tropical Life Sciences Research. [Consultado el 10 de sept. de 2020]. 23(2). 67-80. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3799403/>
- Talengera D, Magambo MJS, Rubaihayo PR. 1994. Testing for a suitable culture medium for micropropagation of East African Highland Bananas. Department of Crop Science Makerere University. African Crop Science Journal. . [Consultado el 05 de sept. de 2020]. Vol. 2, No. 1. Kampala (Uganda). p. 17-21. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=UG9500001>
- Tchatchambe J, Ibanda N, Adheka G, Swennen R, Dhed D. 2020. Production of banana bunchy top virus (BBTV)-free plantain plants by in vitro culture. African Journal of Agricultural Research. [Consultado el 02 de sept. de 2020]. 15(3). 361-366. [https://www.researchgate.net/publication/340308779\\_Production\\_of\\_banana\\_bunchy\\_top\\_virus\\_BBTV-free\\_plantain\\_plants\\_by\\_in\\_vitro\\_culture](https://www.researchgate.net/publication/340308779_Production_of_banana_bunchy_top_virus_BBTV-free_plantain_plants_by_in_vitro_culture)
- Ubilla Navarro E L. 2016. Propagación *in vitro* de Banano. (*Musa acuminata*) -variedades Gros Michel y Williams- a partir de meristema. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 23 pp [Último acceso: 07 de Julio de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5935/1/CPA-2016-T092.pdf>.
- Vintimilla Ulloa I P. 2018. Propagación *in vitro* de Banano (*Musa acuminata* cv. “Gran enano”) en diferentes condiciones de incubación [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana,

Zamorano-Honduras. 23 p. Último acceso: 07 de Julio de 2020.  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6421/1/CPA-2018-T098.pdf>

Vuylsteke R. 1998. Shoot tip culture for the propagation, conservation and exchange of Musa germplasm. [Tesis]. Inglaterra. International Institute of Tropical Agriculture. 73pp. Último acceso: 07 de Julio de 2020.  
[https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/Shoot-Hip\\_culture\\_for\\_the\\_propagation\\_conservation.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/Shoot-Hip_culture_for_the_propagation_conservation.pdf)

Ziv M. 2005. Simple Bioreactors for mass propagation of plants. Research Gate. 81(3). 79-93  
Último acceso: 09 de agosto de 2020.  
[https://www.researchgate.net/publication/226396013\\_Simple\\_bioreactors\\_for\\_mass\\_propagation\\_of\\_plants](https://www.researchgate.net/publication/226396013_Simple_bioreactors_for_mass_propagation_of_plants)

ZÚÑIGA A. 2004. Micropropagación de plátano (Musa AAB, cv curraré ) en un medio con sustitución de insumos.[Tesis]. Costa Rica: SEDE REGIONAL SAN CARLOS 58p.  
Último acceso: 04 de julio de 2020.  
<https://repositoriotecz.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2782/Micropropagacion%20de%20pl%C3%A1tano%20%28musa%20aab%2C%20cv%20curare%29%20en%20un%20medio%20sustituci%C3%B3n%20de%20insumos..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.