

Micropropagación *in vitro* del plátano (*Musa paradisiaca* L.) variedad 'Bellaco' (AAB) a partir de hijuelos basales

In vitro micropropagation of banana (*Musa paradisiaca* L.) variety 'Bellaco' (AAB) by basal shoots

Henry Robles-Cueva¹; Luis Conrado Guzmán-Farfán²; Arturo Arbulú-Zuazo^{3*}; José Rodríguez-Lichtenheldt⁴; Olegario Robles-Cueva⁵

- 1 Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Piura. Ciudad Universitaria Urb. Miraflores S/N. Castilla. Piura. Perú.
- 2 Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura. Ciudad Universitaria Urb. Miraflores S/N. Castilla. Piura. Perú
- 3 Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Agroindustrial Piura (CITE Agroindustrial Piura). Calle Ramón Mugica N°131. Of. Q 209. Urb. San Eduardo I Etapa. Piura. Piura. Perú.
- 4 Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Piura. Ciudad Universitaria Urb. Miraflores S/N. Castilla. Piura, Perú.
- 5 Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Productivo Madre de Dios, Instituto Tecnológico de la Producción, Iquitos, Perú.

* Autor correspondiente: arturo.arbulu@citeagripiura.org (A. Arbulú-Zuazo).

ORCID de Autores:

H. Robles-Cueva: <https://orcid.org/0000-0002-2817-573X>

A. Arbulú-Zuazo: <https://orcid.org/0000-0002-5541-0416>

O. Robles-Cueva: <https://orcid.org/0000-0002-2040-8949>

L. C. Guzmán-Farfán: <https://orcid.org/0000-0002-2780-571X>

J. Rodríguez-Lichtenheldt: <https://orcid.org/0000-0003-0449-0847>

RESUMEN

El cultivo de tejidos vegetales forma parte de las herramientas biotecnológicas que están al servicio principalmente de la agricultura, y dentro de las técnicas más utilizadas está la Micropropagación. El objetivo fue la multiplicación *in vitro* del Plátano a partir de hijuelos basales, y como alternativa ambiental para su producción a nivel comercial; la metodología se basó en la aplicación de distintos tratamientos en las etapas de Desinfección, Establecimiento, Multiplicación, Enraizamiento y Aclimatación. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). En la etapa de desinfección los resultados alcanzaron un 95,8% de asepsia usando Hipoclorito de sodio 2% y HgCl₂ al 0,1%; en la etapa de establecimiento, se alcanzó el más alto porcentaje de viabilidad (83%) y brotación (66,7%); en la etapa de multiplicación los resultados mostraron diferencias significativas para número de hojas, altura y número de brotes; en la etapa de enraizamiento el mayor número de raíces fue de 2,57 raíces/planta; el mejor sustrato para la aclimatación correspondió a la turba con 100% de sobrevivientes, y el costo unitario para su reproducción masiva fue de S/ 13,70. En esta investigación ha sido muy significativa la identificación de los protocolos tecnológicos de las diferentes fases de la micropropagación.

Palabras claves: micropropagación; auxinas; brotación; viabilidad; enraizamiento.

ABSTRACT

Plant tissue culture is one of the biotechnological tools that is mainly at the service of agriculture, and one of the most widely used techniques is micropropagation. The objective was to carry out the multiplication *in vitro* of Bellaco plantain from basal shoots, and as an environmental alternative for its production at commercial level; the methodology was based on the application of different treatments, in the stages of Disinfection, Establishment, Multiplication, Rooting and Acclimatization. A completely random design (DCA) was used. In the disinfection stage the results reached 95.8% asepsis, with 2% sodium hypochlorite and 0.1% HgCl₂; the highest percentage of viability (83%) and sprouting (66.7%) were obtained in the establishment phase; in the multiplication the results showed significant differences in the number of leaves, height and number of shoots; while in the rooting the highest number of roots obtained was 2.57; the best substrate for acclimatization was peat with a 100% survival rate, and the unit cost for mass propagation was S/ 13.70. In this research, the identification of technological protocols for the different stages of micropropagation has been very significant.

Keywords: micropropagation; auxins; sprouting; viability; rooting.

Recibido: 30-05-2025.

Aceptado: 09-09-2025.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el Perú se encuentra dentro de los 10 países con mayor producción de plátano, siendo el segundo entre los países latinoamericanos. El plátano se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para la economía de muchos países en desarrollo (El-Mahrouk et al., 2019; Rahman et al., 2013; Rodge et al., 2023). En términos de valor bruto de producción, el plátano es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo después del arroz, el trigo y el maíz según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020), Talla et al. (2022) y Kumari et al. (2025).

En el Perú, el cultivo de plátano se caracteriza por ser un producto agrícola de gran expansión en la región selva y norte del país, este cultivo exige un clima cálido y una constante humedad en el aire característicos de estas zonas. Es una planta altamente demandada por las propiedades nutricionales que posee y desempeña un papel importante en la nutrición saludable y la seguridad alimentaria de la población mundial (Fu et al., 2018; Sugiyono et al., 2021; Justine et al., 2022). Su cultivo se caracteriza por ser una valiosa fuente alimenticia para el consumidor y un importante factor de seguridad alimentaria para el productor y su familia, es consumido mayormente cocido o en frituras, verde o maduro; entre las principales variedades comerciales está el Bellaco e Inguiri. Aproximadamente el 90% de la producción nacional se destina al autoconsumo y la diferencia es para la comercialización regional, nacional y para exportación.

Los plataneros establecen el cultivo con semilla de origen y calidad desconocida, generalmente a partir del intercambio de semilla, sin tomar en cuenta los procesos necesarios de selección y multiplicación. Esto ha favorecido a que las plantaciones de plátano estén conformadas por plantas de diferentes calidades y sean fuente de diseminación de plagas y enfermedades (Mal de Panamá) transmitidas a través del material de siembra (Kumari & Kumar 2025; El-Mahrouk et al.,

2019). Durante los últimos años, se han venido desarrollando numerosas técnicas que han permitido mejorar los procedimientos con el fin de tratar de alcanzar un desarrollo sostenible en la agricultura, ganadería y diversas actividades de índole productivo.

Los primeros trabajos sobre multiplicación *in vitro* de banano fueron realizados en China y Taiwán en la década de 1970, inicialmente limitado a unos pocos cultivares de *Musa* AAA, fundamentalmente de los tipos Cavendish (Ma & Shii, 1972; Ma & Shii, 1974; Ma et al., 1978; Agbadje et al., 2021). Posteriormente a partir de los años 1980 se llevó a cabo la multiplicación *in vitro* de un amplio grupo de cultivares de *Musa* de diferentes grupos genómicos (Cronauer & Krikorian, 1984; Vuylsteke & De Langhe, 1985).

El cultivo de tejidos vegetales, forma parte de las herramientas biotecnológicas que están al servicio principalmente de la agricultura; que se caracterizan por proporcionar diversas técnicas para la reproducción, propagación de cultivos de interés comercial como de conservación del germoplasma nativo; dentro de las técnicas más utilizadas está la Micropropagación, que permite la reproducción de especies vegetales con el fin de transferir al campo material más sano, libre de plagas y enfermedades, disponer de material de siembra en cualquier época del año, multiplicar aceleradamente genotipos deseables, transportar fácilmente los propágulos, uniformar las plantaciones, obtener cosechas más precoces y mayores producciones, entre otras bondades; son numerosas las especies vegetales, donde resalta el cultivo de plátano como unas de las especies más micropropagadas a nivel mundial (Kumari & Kumar, 2025; Talla et al., 2022; Justine et al., 2022).

El objetivo principal de esta investigación fue la micropropagación *in vitro* del Plátano Bellaco, *Musa paradisiaca* L, a partir de hijuelos basales, y como alternativa ambiental para su producción a nivel comercial y representar una alternativa real y sustentable.

METODOLOGÍA

Actividades y procedimientos

Las principales actividades y procedimientos para la micropropagación "in vitro" se muestran en la Figura 1.

Selección del material vegetal

Se seleccionaron 10 plantas madre libres de plagas y enfermedades y de excelente calidad del plátano variedad Bellaco de los campos agrícolas pertenecientes a la Asociación de Productores Monte Verde, del Distrito de Cura Mori, Provincia de Piura. De cada planta de plátano de bellaco, se procedió al retiro de un hijuelo basal, con la ayuda de una herramienta cortante, la cual fue previamente desinfectada con alcohol al 96%, todos los hijuelos fueron colocados en un Cooler

para su transporte hasta el Laboratorio de cultivo de tejidos vegetales para su posterior proceso.

Etapas de Micropropagación

Al iniciar el proceso de Micropropagación (Establecimiento, Multiplicación, Enraizamiento y Aclimatación), se realizó la desinfección de todos los materiales y equipos en la Cámara de flujo laminar, la cual se limpió con alcohol tanto dentro y fuera. Se colocaron los materiales necesarios tales como: pinzas, bisturí, cinta film, plumón indeleble, mechero, encendedor, agua destilada, papel bond, placas petri, papel toalla, y se expusieron a las luces UV por un lapso de 15 minutos, con la finalidad de eliminar la presencia de patógenos.

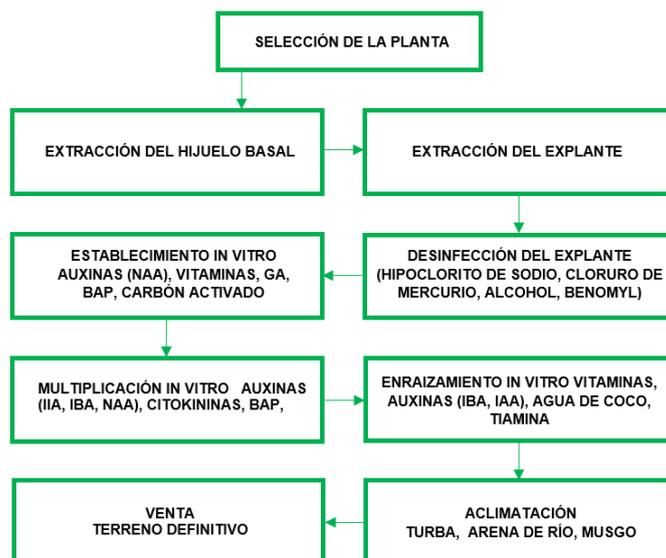


Figura 1. Diagrama de Micropropagación *in vitro* del plátano.

Establecimiento a condiciones *in vitro*

A. Desinfección

Para la obtención del explante a utilizar, de cada hijuelo se procedió a cortar el pseudotallo a una altura aproximadamente de 10 cm encima de la zona de inserción de las hojas, luego se eliminaron las raíces del cormo, y los restos de tejidos necrosados, para luego remover la base externa de las hojas que conformaban el cormo, hasta obtener un cono de 5 cm de longitud, de la zona meristemática. Los cormos reducidos a un tamaño de 5 cm ancho x 5 cm largo, con la ayuda de un cepillo de dientes, se lavaron en una solución de detergente durante 10 minutos y se enjuagaron con suficiente agua de caño (3 enjuagues). Los explantes se sometieron a 4 tratamientos de desinfección para su establecimiento a condiciones *in vitro*:

TD 1. (Tratamiento de desinfección) (Valencia, 1997)

Se realizó una primera desinfección con hipoclorito de sodio al 50% (2% de la concentración del producto comercial) durante 20 minutos y luego se enjuagó 3 veces con agua desionizada estéril, luego se redujo de tamaño el cormo a 3 cm x 3cm aproximadamente. Seguidamente se realizó una segunda desinfección con hipoclorito de sodio al 25% (1% de la concentración del producto comercial) durante 10 min e inmediatamente se enjuagó 3 veces con agua desionizada estéril. El cormo se trozó extrayendo explantes de tamaño de 1cm x 1 cm aproximadamente y a continuación se realizó una tercera desinfección con hipoclorito de sodio al 12,5% (0,5% de la concentración del producto comercial) durante 5 minutos y finalmente se realizó 3 enjuagues con agua desionizada estéril.

TD 2. (Tratamiento de desinfección) (Porteles et al., 2017)

Los explantes se sumergieron en Benomil (Benlate) por 10 minutos y luego se realizó 3 enjuagues con agua destilada estéril, luego se hizo la reducción de

los explantes y se procedió a desinfectar con Hipoclorito de sodio al 2% por 20 minutos y luego se hicieron 3 enjuagues posteriores, se colocaron los explantes en ácido ascórbico por 10 minutos y finalmente se enjuagó por tres veces con agua destilada estéril y además 1 enjuague con agua desionizada estéril.

TD 3. (Tratamiento de desinfección) (Medina et al., 2015)

Se hizo una primera desinfección con hipoclorito de sodio al 3% por 20 minutos y luego se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril, Seguidamente se hizo la reducción de los explantes y luego un lavado con alcohol al 70%. Se efectuó una nueva desinfección con hipoclorito de sodio al 1,5% por 10 minutos y finalmente un lavado con 2000 ppm ácido ascórbico.

TD 4. (Tratamiento de desinfección) (Canchignia et al., 2008)

Los explantes se sumergieron en alcohol al 70% por 30 segundos. Después se desinfectaron con Hipoclorito de sodio al 2% por 20 minutos y luego se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril. Los explantes se colocaron en HgCl₂ al 0,1% por 10 minutos y finalmente se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril

Al concluir cada protocolo, los explantes (48 en total) de 1,5 cm de diámetro de la base y de 2 a 3 cm de altura (Medina et al., 2015) fueron sembrados en medio base MS (Murashige and Skoog) mas 25 g/L sacarosa, ajustados a pH 5,7 y esterilizado en una autoclave a 121°C, a 1 atm de presión, por 15 minutos; sellados con cinta film y rotulados con plumón indeleble (N° de explante, fecha de introducción) y llevados al área de incubación para su desarrollo bajo fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad a una temperatura de 28 °C y una intensidad lumínica de 2000 lux; por un periodo de 15 días, y se analizó el porcentaje de contaminación y porcentaje de asepsia (sobrevivencia).

B. Establecimiento

Estandarizado el mejor tratamiento de desinfección, y habiendo logrado explantes de plátano bellaco libre de contaminación microbiana, con la ayuda de una pinza los explantes se sembraron en contenedores de vidrio que contenían los distintos medios de cultivo, donde se ajustaron a un pH 7, para luego ser llevados al área de incubación para su desarrollo, bajo las condiciones de oscuridad, a una temperatura de 25 °C. A los 30 días se evaluó el porcentaje de brotación y viabilidad de cada medio. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones cada una con 4 unidades experimentales. El tratamiento T11 estuvo compuesto de MS + Vitaminas+1 mg/L ANA+2 mg/L BAP + 1 g/L Carbón Activado + 25 g/L Sacarosa, modificado de Medina et al. (2015), el tratamiento T12 compuesto de MS + Vitaminas + 2 mg/L BAP, 0,3 mg/L ANA y 0,1 mg/L GA3 + 1 g/L carbón activado +25 g/L de azúcar modificado de Medina et al. (2015), el tratamiento T13 con MS + Vitaminas + 2 mg/L BAP y 1 g/L carbón activado + 25 g/L Sacarosa, modificado de Valencia (1997), y el tratamiento T14 con MS + Vitaminas suplementado con 1 mg/L de BAP + 25 g/L de Sacarosa (Valencia, 1997).

C. Multiplicación *in vitro*

Según Murashige & Skoog. (1962), en la fase de multiplicación, la meta es la propagación masiva de plantas manteniendo la genética de su progenitor. En esta etapa se retiraron del medio de establecimiento explantes viables y sin signos de contaminación, y fueron incubados a un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad, a 28 °C y una intensidad lumínica de 2000 lux, después de 30 días de cultivo se evaluaron las variables: altura, número de hojas, número de brotes. Se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones cada una con 5 unidades experimentales. El tratamiento TM1 estuvo compuesto de MS + VITAMINAS + 5 mg de BAP + 1,2 mg AIA + 25 g sucrosa (Canchignia et al., 2008), el tratamiento TM2 compuesto de MS + VITAMINAS + 2 mg de Pantotenato de calcio + 3 mg BAP + 1,0 mg IBA + 25 g sucrosa (Propia), el tratamiento TM3 con MS + VITAMINAS + 2 mg Tiamina + 5 mg de BAP + 1,2 mg AIA + 25 g de sucrosa, modificado de Canchignia et al. (2008), y el tratamiento TM4 con MS + VITAMINAS + 3 mg BAP + 1 mg ANA + 25 g sucrosa (Medina et al., 2015).

D. Fase de Enraizamiento *in vitro*

Las mejores plántulas obtenidas de la etapa de multiplicación, que procedían del mejor tratamiento (TM3) se trasplantaron al medio base, suplementadas con hormonas vegetales, y trasladadas al área de crecimiento, bajo las condiciones de un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad, a 28°C y una intensidad lumínica de 2000 lux. Luego de dos meses, se evaluó las características: número de raíces y longitud de raíces. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos, 3 repeticiones y 10 unidades experimentales cada. El tratamiento TE1 estuvo compuesto de MS + VITAMINAS + 2 mg/L de

Pantotenato + 20 ml de agua de coco + 25 g sucrosa + 6 g de Agar (Canchignia et al., 2008), el tratamiento TE2 compuesto de MS VITAMINAS + 2 mg/L Tiamina + 1 mg/L IBA + 25 g sucrosa + 6 g de Agar (Propia), el tratamiento TE3 con MS VITAMINAS + 2 mg/L Tiamina + 0,5 mg/L AIA + 40 g sucrosa + 6 g de Agar, modificado de Canchignia et al. (2008), y el tratamiento TE4 con MS VITAMINAS + 2 mg/L Tiamina + 30 g sucrosa + 6 g de Agar (Medina et al., 2015).

E. Fase de Acimatación

En esta fase se pretendió lograr un alto porcentaje de sobrevivencia y adaptación de las plantas de plátano bellaco al ambiente externo. Las plántulas procedentes de la etapa de enraizamiento se llevaron al invernadero, las cuales, en un inicio fueron colocadas sobre estantes, por un periodo de 24 horas, para luego ser trasplantadas a los diferentes sustratos: T1 Turba, T2 Turba más Musgo en la proporción 1:1, y T3 Turba más Arena de río en la proporción 1:1. Se realizó el siguiente procedimiento.

Pesado y llenado de macetas: Se procedió a preparar bolsas de polipropileno de 1 kg que contenían los diferentes tipos de sustrato, las cuales fueron esterilizadas en autoclave a 121 °C por 15 minutos, luego con la ayuda de una balanza se procedió a pesar los diferentes sustratos para cada uno de los tratamientos, los cuales fueron colocados en macetas plásticas.

Siembra de las plántulas: Las plántulas *in vitro* de plátano bellaco se retiraron de sus frascos de vidrio y se les realizó un lavado de la zona radicular con agua tibia y estéril con la finalidad de liberarlas del medio de enraizamiento (agar y sacarosa), esto con el objetivo de evitar la pudrición de las raíces debido a la descomposición del medio. Previo al trasplante (30 minutos antes) se realizó un riego pesado a cada maceta con el sustrato a emplear, luego con la ayuda de un palo semillero para almácigos se hizo un agujero en el centro de la maceta donde se sembró finalmente la plántula.

Riego: Durante la primera semana se aplicó un riego inter diario con un volumen de 10 ml por cada planta, para evitar la proliferación de hongos debido a la sensibilidad de la planta, luego el riego fue de forma diaria.

Fertilización: La fertilización se aplicó a los quince días a base del Fertilizante foliar (Bayfolan) en dosis diluida (10 ml en 1 litro de agua) y una vez por semana. A los 30 días de crecimiento se evaluó: viabilidad, número de raíces, longitud de raíces, altura de la planta, y número de hojas. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos y 2 repeticiones cada repetición con 5 unidades experimentales.

Análisis estadístico

El presente trabajo se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA), se realizaron Análisis de Varianza (ANVA) para encontrar diferencias significativas entre los tratamientos probados en el experimento y en caso se identifique significancia se procedió a realizar una prueba de comparación Chi cuadrado, o de

Duncan entre tratamientos; para las variables de enraizamiento fueron analizados mediante una prueba de comparación de Wilcoxon y para las variables en aclimatación la prueba de Duncan.

VARIABLES ESTUDIADAS

Porcentaje de supervivencia

Se realizó un conteo visual de los individuos muertos (explantos necrosados sin respuesta), con lo cual se obtuvo el cociente entre éste y el número de individuos vivos, para su posterior multiplicación por cien. Se identificó las posibles causas de muerte por métodos visuales, con el fin de determinar y analizar los posibles problemas de orden patológico o fisiológico (oxidación o hiperhidricidad) presentes durante la investigación.

Número de brotes

Se determinó por medio de un conteo visual, considerando los que presentan tamaños arriba de 3 mm. No se contabilizaron los brotes sumergidos en el medio de cultivo semana a semana, solo en el momento de cambiar el medio y en la última semana de evaluación, momentos en los cuales los individuos son extraídos.

Número de hojas

Se realizó un conteo visual de las mismas, tomando en consideración aquellas que posean todas las estructuras propias de una hoja. Todas estas mediciones se realizaron al momento de finalizada la etapa, puesto que se realizaba el trasplante a un nuevo medio de cultivo.

Número de raíces

Se contabilizó de forma visual las raíces externas y las sumergidas en el medio de cultivo.

Longitud de raíces

Se identificó de forma visual la raíz con mayor longitud, la que será medida mediante una regla calibrada en centímetros.

Altura de la plántula

Determinada midiendo con una regla metálica la distancia entre el cuello de la planta y la unión "v" formada por los peciolo del último par de hojas.

Valoración de costos del proceso de Micropropagación *in vitro*

Se empleó el método de valoración de la producción real, mediante costos unitarios reales (costos fijos: insumos y materiales y costos variables: mano de obra y equipos). Los costos se recopilaban de cada uno de los elementos del proceso de micropropagación con el fin de determinar lo que una planta *in vitro* debe costar al final del proceso, basado en eficiencia, y sirve como medidor de costo (Herrera, 2011). Tales elementos unitarios fueron recopilados mediante observación directa con las siguientes etapas: 1. Desinfección, 2. Establecimiento a condiciones *in vitro*, 3. Multiplicación *in vitro*, 4. Enraizamiento *in vitro* y 5. Aclimatación de plantas. Para determinar el costo unitario por planta y el costo unitario de las réplicas se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Unitario Total} = \text{Materia Prima Directa} + \text{Mano de Obra Directa} + \text{Costos Indirectos de Fabricación}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desinfección de explantes de plátano Bellaco

Se sembró 48 explantes de plátano en medio Murashige & Skoog (MS) con vitaminas y 25 g/L de sucrosa, evaluándose la contaminación luego de 15 días de la siembra. En los resultados tenemos que los mejores porcentajes de asepsia corresponden a los protocolos TD1 y TD4 con 89,6% y 95,8% (Figura 2). Ambos protocolos contienen desinfectantes altamente oxidantes que eliminan microorganismos y esporas de hongos, además de dañar los tejidos vegetales por lo que luego de su contacto con el tejido vegetal, es necesario cortar los tejidos muertos o dañados para proseguir con el protocolo. Los resultados estadísticos indican que existió una dependencia entre los protocolos de desinfección y el porcentaje de contaminación. El uso de Hipoclorito de sodio es muy efectivo para todo tipo de contaminaciones, pues causa alteraciones en el metabolismo celular por destrucción de fosfolípidos, destrucción de ácidos grasos, formación de cloramina que interfiere en el metabolismo celular, daño oxidativo e inactivación enzimática irreversible en bacterias (Justine et al., 2022; Agbadje et al., 2021).

La evaluación de los distintos protocolos de desinfección a los 15 días sólo encontró un 4,17% (TD4) y 10,42% (TD1) de contaminación por bacterias en los protocolos más eficientes.

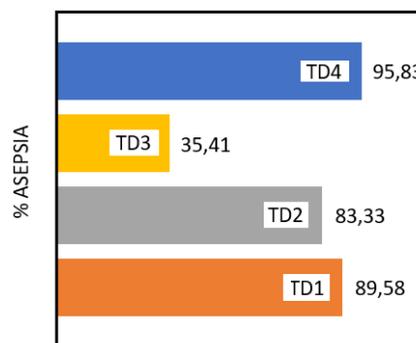


Figura 2. Asepsia por protocolo de desinfección de explantes. Valores de prueba estadística $X^2 = 46,2066$ p-value < 0,00001.

Los resultados obtenidos difieren con las investigaciones realizadas por Mongelós et al. (2020) que lograron 100% de explantes sanos empleando hipoclorito de sodio al 10%. Sin embargo, son superiores a los obtenidos por Cabrejo et al., (2022), que tuvieron 20% de contaminación.

Establecimiento a condiciones *in vitro* de plátano bellaco

Se procedió a utilizar el protocolo de desinfección más eficiente (TD4) para probar 4 tratamientos con el objetivo del establecimiento de los explantes en

el sistema *in vitro*. Los resultados obtenidos para el porcentaje de viabilidad y el porcentaje de brotación no mostraron significancia entre las variables, son independientes y no guardan alguna relación entre ellas. De esta fase se considera como el medio de establecimiento ideal el T13 debido a su alto porcentaje de viabilidad (83%) y brotación (66,7%) (Figura 3).

Estos valores difieren con los obtenidos por Kumari & Kumar (2025); Borges et al. (2021); Amente et al., 2022, que alcanzaron 100% de sobrevivencia, pero los resultados de viabilidad de la investigación son superiores a los reportados por Ancasi-Espejo et al. (2016) que lograron el 72% de viabilidad, y a los 66,25% obtenidos por Selvakumar & Parasurama (2020) utilizando BAP (2, 3, 4 mg/L + NAA 1 mg/L. Para el caso de la brotación los resultados de la investigación son inferiores a los reportados por Khatun et al. (2017) con 84% en el tratamiento que contenía 5 mg/L BAP + 2,5 mg/L IBA, también los obtenidos por Mekonen et al. (2021) que obtuvieron 93,4%, Rahman et al. (2013) con 95%. Brotación del 100% se logró con 2 mg/L BAP + 0,5 mg/L IAA (Deo & Pradhan, 2017; Kumari & Kumar, 2025;).

Multiplicación *in vitro* de plántulas de plátano bellaco

Número de hojas

El tratamiento TM1, con un promedio de 5.47 hojas por plántula, fue significativamente superior a los tratamientos TM2 con 4,27 hojas, TM3 con 3,67 hojas y TM4 con 2,53 hojas por plántula (Tabla 1) lo cual es debido a las altas concentraciones empleadas de citoquininas y a un buen balance de éstas con las auxinas. Estos resultados concuerdan

con los obtenidos por Sugiyono et al. (2021) con 4,64 hojas, Rodge et al. (2023) que obtuvieron 4,50 hojas; pero difieren con los de Borges et al. (2021) que solo logró 2,84 hojas.

Altura de explantes

Al analizar la altura de las plántulas de Plátano Bellaco (Tabla 1 y Figura 4), los resultados estadísticos demuestran que existe diferencia significativa entre los tratamientos en estudio; donde el tratamiento TM2, es el que presenta la mayor altura, seguido del TM1 y TM3, y el tratamiento TM4 es el que presenta menor altura. Los resultados muestran que los tratamientos TM2 (3,0 mg/L BAP más 1,0 mg/L IBA) que presentó una altura de 5,813 cm por explante y el TM4 (3 mg/L BAP más 1 mg/L ANA) con una altura de 3,453 cm, difieren estadísticamente entre sí, pese a emplear dos auxinas con las mismas concentraciones. Por otro lado, la baja concentración de citoquininas en el tratamiento TM2 ha determinado la mayor altura obtenida. Estos resultados son similares a los obtenidos por Kumari et al. (2025) con 6,19 cm, Rahman et al. (2013) con 4,9 cm de altura, sin embargo, estos resultados (5,813 cm) difieren con los 6,63 a 9,50 cm obtenidos por Mora-González et al., (2021).

Número de brotes

En la Tabla 1 y Figura 4, se visualiza el número promedio de brotes, destacando significativamente el tratamiento TM3 que generó un mayor número promedio de brotes (4,67) y resultó superior estadísticamente a los tratamientos TM1, TM2 y TM4 que sólo alcanzaron un promedio de brotes por plántula de 0,60, 1,00 y 1,67 respectivamente.

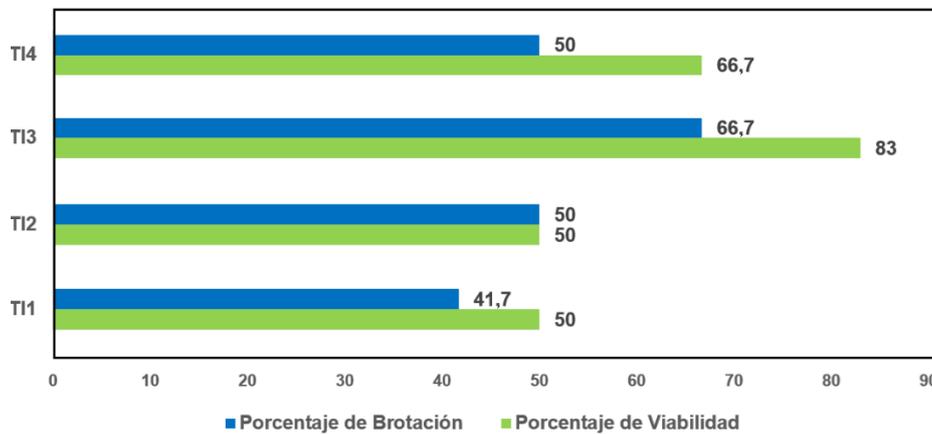


Figura 3. Viabilidad y Brotación (%) en establecimiento de explantes. Valores de prueba estadística $X^2=3,911$ p-value=0,271224 $X^2=1,5861$ p-value=0,662549.

Tabla 1

Efecto de los tratamientos (T) sobre el número de hojas, la altura de plántulas (cm) y el número de brotes en la etapa de multiplicación

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE HOJAS	ALTURA DE PLÁNTULAS (cm)	NÚMERO DE BROTES
TM1	5,47 ± 0,76 a	4,833 ± 0,389 ab	0,60 ± 0,372 b
TM2	4,27 ± 0,62 a	5,813 ± 0,913 a	1,00 ± 0,606 b
TM3	3,67 ± 0,76 a	4,620 ± 0,827 b	4,67 ± 1,478 a
TM4	2,53 ± 0,26 b	3,453 ± 0,744 b	1,67 ± 0,827 b

Nota: Valores con letras diferentes indican significación estadística a la prueba Duncan ($\alpha=0,05$).



Figura 4. Plántulas *in vitro* de Plátano Bellaco: A. Altura de plántulas; B, C. Brotes de plántulas.

Todos los tratamientos generaron brotes en un rango de 0,60 y 4,67 brotes por explantes de Plátano Bellaco, lo cual al parecer se debe a un balance hormonal auxina/citoquinina más efectivo que permite la división y elongación celular, por ende, la mayor emisión de brotes (Borges et al., 2021). Similares respuestas se encontraron en Sugiyono et al. (2021) que lograron 4,25 brotes, Rodge et al. (2023) con 4,66 brotes. Los resultados son superiores, a los encontrados por Kumari & Kumar (2025) con 3,90 brotes por explante en la variedad G9, Khatun et al. (2017) que reportó 3,4 brotes por explante para la variedad Sabri, a los de Canchignia et al., (2008) que con la Variedad Maqueño (*Musa balbisiana* AAB), reportó 2,5 brotes por explante; pero difieren con lo obtenido por Amente et al. (2022) que reportaron 12,67 brotes, Kumari et al. (2021) obtuvieron 10,2 brotes, Kumari et al. (2025) que lograron 6,25 brotes por explante en cultivar Battisa, Mekonen et al. (2021) que encontraron 7,67 brotes, Rahman et al. (2013) con 5,90 brotes, Deo & Pradhan (2017) con 7 brotes, Sivakumar & Visalakshi (2021) que lograron hasta 8 brotes. Estas diferencias se deben a la variabilidad que existe entre los individuos que pertenecen a diferentes especies, al genotipo y las condiciones ambientales.

Etapas de enraizamiento *in vitro* de plántulas de plátano Bellaco

Longitud de raíz

Luego de 45 días, se analizó esta variable y se encontró significación estadística (Tabla 2), donde el mejor tratamiento fue TE3, con 15,03 cm, y sin diferencias significativas con los tratamientos TE4 con 11,33 cm y TE1 con 11,19 cm; superaron al tratamiento TE2 que presentó una longitud de raíces de 5,72 cm por plántula.

Tabla 2

Efecto de los diferentes tratamientos sobre la longitud de raíces y número de raíces en la etapa de enraizamiento

Tratamientos	Longitud de raíces (cm)	Número de raíces
TR1	11,19 ± 1,27 a	2,24 ± 0,22 a
TR2	5,72 ± 1,22 b	2,36 ± 0,15 a
TR3	15,03 ± 2,72 a	2,57 ± 0,19 a
TR4	11,33 ± 1,04 a	1,84 ± 0,21 b

Nota: Los valores con letras diferentes indican significación estadística. Prueba de Wilcoxon 0,05.

Número de raíces

En los resultados para el número de raíces, Tabla 2, se observó la formación de dos grupos diferenciados estadísticamente, en los que el grupo a, que agrupó al mejor tratamiento TE3 con 2,57 raíces, seguido de los tratamientos TE2 con 2,36 raíces y TE1 con 2,24 raíces, superó al grupo b, que tuvo al tratamiento TE4 con menor número de raíces, 1,84 raíces. Los resultados mostraron que el tratamiento de enraizamiento (TE3) compuesto de MS más vitaminas con AIA 0,5 mg/L y sucrosa 40 g/L es el que ha tenido mejores resultados alcanzando los 2,57 raíces por explante y 15,03 cm de longitud, lo cual es debido principalmente al rol de las auxinas en la iniciación y crecimiento de raíces (Kumari et al., 2025). Similares resultados reportaron Kumari et al. (2021). Respuestas muy superiores obtuvieron otros investigadores (Kumari et al., 2025; Borges et al., 2021; Khatun et al., 2017; El-Mahrouk et al., 2019; Sivakumar & Visalakshi 2021; Amente et al., 2022; Mekonen et al., 2021; Rodge et al., 2023; Rahman et al., 2013).

Aclimatación de plántulas de plátano de procedencia *in vitro*

Viabilidad de plantones

Los resultados muestran que existe dependencia entre la viabilidad y los tratamientos, se obtuvo significación estadística; donde el mejor sustrato para la aclimatación correspondió a la turba que alcanzó un 100%, seguido de la Turba con arena de río 86,7% y turba con musgo 62,5% de viabilidad. Los resultados de esta investigación son superiores a los reportados por otros investigadores y que estuvieron entre 90% a 98,9% en diferentes sustratos (Kumari et al., 2025; Amente et al., 2022; Mekonen et al., 2021; Selvakumar & Parasurama 2020; Khatun et al., 2017; Ramirez, 2017; Rahman et al., 2013) pero concuerdan con otros autores que alcanzaron un 100% de sobrevivencia en sustrato de arena, estiércol de cabra y cascarilla de nuez en la proporción de 1:1:0,5 (Mardhikasari et al., 2020), en sustrato de arena y suelo (1:1) (Kumari & Kumar 2025), en sustrato de musgo más perlita en la proporción 1:2 (El-Mahrouk et al., 2019), en sustrato de arena sola (Cruz-Rosero et al., 2016) y en sustrato de arena y turba en la proporción de 2:1 y agregando micorrizas, biol y fertilización convencional (Mora-González et al., 2021).

Número de raíces

En la Tabla 3 se observa que los tratamientos a base de turba y turba más arena de río, generaron estadísticamente casi el mismo número promedio de raíces con un 5,40 y 5,30 respectivamente, superando al tratamiento de turba + musgo que generó el menor número promedio de 3,70 raíces, siendo el tratamiento a base de solo turba el mejor, lo que se confirmó al realizar el análisis de varianza y la prueba de Duncan 0,05. Los resultados obtenidos durante la fase de aclimatación son similares a los encontrados por Cruz-Rosero et al. (2016), quienes lograron 7 raíces por planta utilizando la arena como sustrato.

Longitud de raíces

Los resultados obtenidos para longitud de raíces presentaron una alta significación estadística según la Prueba de Duncan 0,05. El sustrato compuesto por Turba y arena de río alcanzó 10,34 cm superando a los sustratos Turba, y Turba y musgo que lograron raíces con una longitud de 7,06 cm y 4,84 cm respectivamente. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por El-Mahrouk et al. (2019) que lograron una longitud de raíz de 12,6 cm en un sustrato de musgo y perlita (1:2).

Número de hojas

En la Tabla 3 se muestran los tres tratamientos aplicados a las plantas reproducidas, de procedencia *in vitro*, sin alcanzar diferencias significativas ($p > 0,05$); donde las plantas que recibieron el tratamiento turba tienen en promedio 5 hojas, las plantas que recibieron el tratamiento turba + musgo, tienen en promedio 4,10 hojas y las plantas que recibieron el tratamiento turba + arena de río tienen en promedio 4,10 hojas.

Los resultados del experimento concuerdan con los obtenidos por El-Mahrouk et al. (2019) que reportaron 7,3 hojas en sustrato de musgo y perlita, y Kumari & Kumar (2025) que lograron los mejores resultados en el sustrato de tierra húmeda y arena.

Altura de las Plantones

En referencia a la altura de los plantones, Tabla 3, el uso de turba o la turba más arena de río con 21,85 cm, y 23,04 cm de altura respectivamente, no mostraron diferencia significativa entre ambos, pero superaron estadísticamente a las plantas con el tratamiento turba más musgo que alcanzaron la menor altura (13,20 cm), lo que se sustenta al someter al análisis de varianza.

Los resultados alcanzados en esta investigación difieren de los obtenidos por Canchignia et al. (2008), que utilizó 4 tipos de sustrato (T₁=Tierra de sembrado; T₂=Arena; T₃=Tamo de arroz; T₄=Carboncillo) siendo el sustrato de tierra de sembrado el que alcanza la mayor altura de planta con 10,7 cm y también con los 11,40 cm de altura logrado por otros autores que utilizaron arena como sustrato (Cruz-Rosero et al., 2016). Sin embargo, resultaron muy similares a los mencionados por Mora-González et al. (2021) de 23,63 cm de altura a las 6 semanas, con lo reportado por Ramírez (2017) con 25 cm de altura a las tres semanas, y con lo logrado por Kumari & Kumar (2025) que indicaron que los resultados fueron mejores en sustrato de tierra húmeda y arena. Algunos autores reportaron resultados sobre altura de los plantones fue muy pequeña en aclimatación (Mardhikasari et al., 2020).

Valoración de costos del proceso de micropropagación *in vitro* de plátano bellaco

Se recopiló los costos empleados de cada uno de los insumos de materia prima utilizados, tales como hijuelos, medios de cultivo, hormonas vegetales, vitaminas y agentes gelificantes, y se calculó el total de costos de materia prima utilizados en el proceso, como se muestra en la Tabla 4, donde el Costo Unitario por planta al final de lograr la estandarización del protocolo de Micropropagación *in vitro* de Plátano fue de S/ 6,41, y el costo unitario para su reproducción masiva es de S/ 2,08.

Tabla 3

Efecto de los tipos de suelo sobre el número de raíces, longitud de raíces, número de hojas y altura de plantones en la etapa de aclimatación

Tratamientos	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Número de hojas	Altura de plantones (cm)
Turba	5,40±0,67 a	7,06±0,87 b	5,00±0,83 a	21,85±1,66 a
Turba + Musgo	3,70±0,66 b	4,84±0,28 c	4,10±0,54 a	13,20±1,19 b
Turba + Arena	5,30±0,88 a	10,34±0,82 a	4,10±0,74 a	23,04±2,71 a

Nota: Los valores con letras diferentes indican significación estadística. Prueba de Duncan 0,05.

Tabla 4

Materia prima directa, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación utilizados en el proceso de micropropagación *in vitro* de plátano bellaco

Detalle	Materia Prima Directa		Mano de Obra Directa		Costos Indirectos de Fabricación	
	Costo Unit/planta	Costo unitario réplicas	Costo Unit/planta	Costo unitario réplicas	Costo Unit/planta	Costo unitario réplicas
Desinfección	3,19	-	1,73	-	6,56	-
Establecimiento	1,14	-	3,49	-	7,93	-
Multiplicación	0,10	0,10	0,56	0,56	1,19	1,19
Enraizamiento	0,20	0,20	0,87	0,87	3,91	3,91
Aclimatación	1,78	1,78	0,46	0,46	4,65	4,65
Total Costo	6,41	2,08	7,10	1,88	24,24	9,74

Respecto al costo total de Mano de Obra directa utilizada en el proceso, tales como; Actividades operativas, Lavado del material de vidrio, preparación de medios de cultivo, hormonas, proceso de siembra y micropropagación y evaluación durante todas las etapas del proceso, se muestra en la tabla antes indicada, donde el costo unitario por planta al final de lograr la estandarización del protocolo fue de S/ 7,10, y el costo unitario para su reproducción masiva es de S/ 1,88. Además, se muestran los Costos Indirectos de Fabricación, como son: insumos que no forma parte directa del proceso, ya sea algodón, alcohol, bolsas, bisturís, pinzas, placas, tubos de ensayos, guantes, entre otros. El costo unitario por planta al final de lograr la estandarización del protocolo fue de S/ 24,24, y el costo unitario para su reproducción masiva es de S/ 9,74. Después de analizar de forma individual cada componente que se utilizó en el proceso de Micropropagación de Plátano Bellaco, se obtuvo

que el Costo unitario/planta fue de S/ 37,75 y el Costo unitario de réplicas (para su reproducción masiva) alcanzó un valor de S/ 13,70 (\$3,78). El valor obtenido fue alto debido principalmente a la escala de producción empleada en la investigación, la que fue muy baja, pues se trabajó para la obtención de 800 plántulas. Martín & Rodríguez (2008) reportaron para biofábricas de múltiples cultivos en Cuba a gran escala de producción un costo unitario real por plántula de \$0,17 para plátano, mientras que Saraswathi et al. (2016) encontraron en la micropropagación del plátano costos unitarios por plántula que variaron entre \$0,15 y \$0,38 trabajando con diferentes combinaciones de medios y tres variedades. Es preciso señalar que en la micropropagación in vitro de plántulas hay otros factores que afectan el costo de producción, como son la infraestructura, el costo de energía, la variedad de plátano o banano, la mano de obra, costo de los medios, además de la escala de producción ya mencionada.

CONCLUSIONES

Se logró un 100% de viabilidad (sobrevivencia) al aclimatar las plántulas de plátano bellaco, de procedencia *in vitro*, en el sustrato a base de turba que además alcanzaron el mayor número de raíces (5,40) y el mayor número de hojas por planta (5); en la desinfección el mejor tratamiento fue el Hipoclorito de sodio al 2% por 20 minutos más HgCl₂ al 0,1% por 10 minutos que alcanzo un 95,8% de explantes libres de contaminantes; en establecimiento *in vitro* se logró alto porcentaje de viabilidad (83%) y brotación (66,7%) con el medio MS + Vitaminas suplementado con 2 mg/L BAP y 1 g/L carbón activado + 25 g Sacarosa; en la etapa de multiplicación los resultados mostraron

diferencias significativas para número de hojas, altura de plántula y número de brotes; y en la etapa de enraizamiento el mayor número de raíces fue para el tratamiento MS VITAMINAS + 2 mg/L Tiamina + 0,5 mg/L AIA + 40 g sucrosa + 6 g de Agar con 2,57 raíces/planta. El Costo Unitario por planta para su reproducción masiva fue de S/ 13,70. De acuerdo a los resultados se recomienda reducir los costos para su reproducción masiva y viabilidad comercial del plátano Bellaco, y también replicar la investigación con nuevos genotipos o cultivares, nuevas concentraciones de los reguladores de crecimiento y el carbón activado.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CITE Agroindustrial de Piura, por permitir el desarrollo de la tesis doctoral en las instalaciones del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, proporcionar insumos y equipos, sin

costo alguno; además de asumir la coordinación del desarrollo de esta publicación. Se agradece a la ONG AYUDA EN ACCIÓN, por el apoyo financiero, para la ejecución de esta tesis doctoral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agbadje, E. T. A. E., Agbidinokoun, A., Zandjanakou-Tachin, M., Gilles T. H. C., & 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). <http://dx.doi.org/10.24018/ejbio.2021.2.229>
- Amente, G., Gemeshu, M., & Chindessa, I. (2022). Protocol optimization for micropropagation of banana varieties (*Musa spp.*) using shoot-tip culture. *Acta Botánica Plantae*, 1(2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7262848>
- Ancasi-Espejo, R. G., Montero-Tonconi, J. R., Ferreira-Castedo, N. J., & Muñoz-Guzmán, I. (2016). Determinación un mejor medio de cultivo en la fase de establecimiento para la propagación *in vitro* de plátano (*Musa paradisiaca L.*). *J. Selva Andina Res. Soc.* 7(2).
- Borges García, M., Reyes Avalos, D. M., & Frías Mojena, A. (2021). Micropropagación del plátano cultivar enano guantanamero (*Musa spp.* AAB) con el empleo del Pectimorf. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 67-73
- Cabrejo Cárdenas, L. A., Ávila Cubillos, C., Tovar Quiroga, A. D., & Quintero Sebay, M. L. (2022). Propagación *in vitro* de cormos de plátano (*Musa x Paradisiaca L.*, var. Hartón) en el laboratorio de Biotecnología Vegetal del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura (SENA), Campo alegre (Huila, Colombia). *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*, 4(4).
- Canchignia M., H. F., Sigcha S. L. E., Toaquiza S. J. P., Ramos G. L. E., Saucedo A. S. G., Carranza P. M. S., & Cevallos F. O. F. (2008). Alternativas para la Propagación *in vitro* de Plátano Variedad Maqueño (*Musa balbisiana* AAB). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 1(1), 43-48 <https://doi.org/10.18779/cyt.v1i1.62>
- Cronauer, S. S., & Krikorian, A. D. (1984). Multiplication of *Musa* from excised stem tips. *Ann. Bot.*, 53(3), 321-328. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a086696>
- Cruz-Rosero, N., Canchignia-Martínez, H., Morante-Carriel, J., Nieto-Rodríguez, E., Cruz-Rosero, E., & Cabrera-Casanova, D. (2016). *In vitro* propagation of the Orito banana cultivar (*Musa acuminata* (AA)). *Biotecnología aplicada*, 33(4), 4201-4204.
- Deo, B. and Pradhan, B. (2017). Effects of plant growth hormones on shoot proliferation of *Musa paradisiaca* cv. Bantal. *International Journal of Plant Sciences*, 12(2), 135-138. <https://doi.org/10.15740/IJPS/12.2/135-138>
- El-Mahrouk, M. E., El-Shereif, A. R., Dewir, Y. H., Hafez, Y. M., Abdelaal, K. A., El-Hendawy, S., Migdadi, H., & Al-Obeed, R. S.

- (2019). Micropropagation of Banana: Reversion, Rooting and Acclimatization of Hyperhydric shoots. *HortScience horts*, 54(8), 1384-1390. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14036-19>
- Fu, X., Cheng S., Liao Y., Huang B., Du B., Zeng W., Jiang Y., Duan X., & Yang Z. (2018). Comparative analyses of pigments in red and yellow banana fruit. *Food Chem.*, 239, 1009-1018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.046>
- Galán, V., Rangel, A., López, J., Pérez H. J. B., Sandoval, J., & Souza R., H. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*, 40(4), e-574 <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018574>
- Herrera V., P. A. (2011). Análisis e Implementación de un Sistema de Costos de Producción en la Empresa Tapivan y Compañía Ltda. Universidad EAFIT. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Producción. Medellín.
- Justine, A. K., Kaur, N., Savita, & Pati, P. K. (2022). Biotechnological interventions in banana: current Knowledge and future prospects. *Heliyon*, 8, e11636. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11636>
- Khatun, F., Hoque, M. E., Homayra, H., Adil, Md., Ashrat-Uz-Zaman, Kh., & Mominul, H. R. (2017). Effect of BAP and IBA on *in vitro* regeneration of Local banana variety of Sabri. *Biotechnology Journal International*, 18(1), Article 31592. <https://doi.org/10.9734/BJI/2017/31592>
- Kumari, A., & Kumar, V. B. (2025). Optimized protocol for high-efficiency micropropagation of banana varieties G9 and Malbhog. *Journal of applied Biology & Biotechnology*, 13(3), 135-139. <https://doi.org/10.7324/JABB.2025.220956>
- Kumari, P., Kumar, V. B., & Kumar, M. (2025). Standardization of *in vitro* micropropagation technique for multiplication of banana cv Battisa (ABB). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 14(2), 290-294. <https://www.doi.org/10.2227/phyto.2025.v14i2d.15300>
- Kumari, M., Bibeknanda, K., Subhashree, S. B., Swcraj, K. B., Manta, N., Siba, P. P., Bibhuti, B. D., & Shashikanta, B. (2021). Development of *in vitro* plant regeneration Protocol of banana (*Musa sp*) cv. Grandnaine using sucker explant. *Plant Archives*, 21(2), 372-378. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.V21.no2.058>
- Ma, S. S., & Shii C. T. (1972). *In vitro* formation of adventitious buds in banana shoot apex following decapitation. *J. Chin. Soc. Hort. Sci*, 18, 135-142.
- Ma, S. S., & Shii C. T. (1974). Growing banana plantlets from adventitious buds. *J. Chin. Soc. Hort. Sci*, 20, 6-12.
- Ma, S. S., Shii, C. T., & Wang, S. O. (1978). Regeneration of banana plants from shoot meristem tips and inflorescence sections *in vitro*. In: 20th International Horticultural Congress, 15-23. Aug. Sydney, Australia. Abstract No. 1639.
- Mardhikasari, S., Yunus, A., & Samanhudi. (2020). Modification of media for banana *in vitro* Propagation with foliar r fertilizer and coconut water in cv. Rajabulu. *Caraki Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 35(1) 23-32. <http://dx.doi.org/10.20961/carakitani.v35i1.27756>
- Martín G., M., & Rodríguez C., E. (2008). El costo de producción en procesos de micropropagación para biofábricas de múltiples cultivos. Tema del Trabajo: El Costo y la Toma de Decisiones. Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Central de Las Villas, Cuba. 17 p.
- 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 meristemas apicales. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 5(1), 47-53.
- Mekonen, G., Egigu Chimdessa, M., & Muthsuwamy, M. (2021). *In vitro* Propagation of banana (*Musa paradisiaca* L.) plant using shoot tip explant. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(12), 2339-2346. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i12.2339-2346.2883>
- Mongelós Franco, Y., Mussi Cataldi, C., Duarte Ovejero, N., & Díaz Lezcano, M. (2020). Protocolo de desinfección para establecimiento *in vitro* de meristema apical de banano (*Musa spp.*). CEDAMAZ. *Revista del Centro de Estudio y Desarrollo de la Amazonía*, 10(2). 47-50.
- Mora-González, A. F., Naranjo-Morán, J. A., Albiño-Quintiaguez, A., Flores-Cedeño, J. A., Oviedo-Anchundia, R., Galarza-Romero, L., Vera-Oyague, M., Painii-Montero, V., & Barcos-Arias, M. S. (2021). Optimización en la aclimatación de plántulas micropropagadas de banano (*Musa sp.*) utilizando tres insumos orgánicos. *Revista Bionatura*, 6(1). <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.3>
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3) 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Análisis del Mercado de plátanos y bananos: resultados preliminares 2019. http://www.fao.org/3/ca6911en/CA6911_TR4SP.pdf
- Porteles, M., Torres, J., Rodrigues, D., & Ulacio, D. (2017). Iniciación y multiplicación *in vitro* de tres variedades de *Musa spp.* cvs.: 'cambur manzano', 'topocho criollo' y 'gran enano'. *Saber*, 29, 183-190.
- Rahman, S., Biswas, N., Hassan, M., Ahmed, M. G., Mamun, A. N. K., Islam, M. R., Moniruzzaman, M., & Haque, M. E. (2013). Micropropagation of banana (*Musa sp.*) cv Agnishwar by *in vitro* shoot tip culture. *International Research Journal of Biotechnology*, 4(4) 83-88.
- Ramírez, D., L. A., Ladino, B., D. F., & Carmen, C. N. (2017). Comportamiento agronómico en fase vegetativa de vitroplantas de plátano Hartón (*Musa* AAB, Simmonds). *Revista Sistemas de Producción Agroecológica*, 8(2), 20-41. <https://doi.org/10.22579/22484817.700>
- Rodge, R. R., Mirza, A., Kaur, H., Girase, L. and Jabroot J., K. (2023). *In vitro* Regeneration of *Musa spp.* Plantlet cv Grand Naine by Plant Tissue Culture Technique. *Biological Forum-An International Journal*, 15(4), 533-538. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16579.99361>
- Saraswathi, M. S., Uma, S., Kannan, G., Selvasumathi, M., Mustaffa, M. M., & Backiyarani, S. (2016). Cost-effective tissue culture media for large-scale propagation of three commercial Banana (*Musa spp.*) varieties. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91(1), 23-29. <http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2015.1117227>
- Selvakumar, S. and D. S. Parasurama (2020). Maximization of micropropagule production in banana cultivars Grand naine (AAA) and Elakii (AB). *In vitro cellular & Dev. Biol. Plant.*, 56, 515-525. <https://doi.org/10.1007/s11627-020-10060-5>
- Sivakumar, P. and Visalakshi, M. (2021). *In vitro* micropropagation of banana cv. Poovan (AAB. Cost). *Journal of Applied Horticulture*, 23(1), 37-41. <https://doi.org/10.37855/jah.2021.v23i01.07>
- Sugiyono, Dewi, P.S., & Prasetyo, R. (2021). Banana cultivars microshoot induction and plantlet formation using Cytokinn and Auxin. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 36(2), 249-258. <http://dx.doi.org/10.20961/carakatani.v36i2.50425>
- Talla, S., Bagari, P., Manga, S., Aileni, M., & Mamidal, P. (2022). Comparative study of micropropagated plants of Grand Naine banana during *in vitro* regeneration and *ex vitro* acclimatization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 42, 102325. <https://doi.org/10.1016/j.cab.2022.102325>
- Valencia, C. O. L. (1997). Primer informe del Proyecto de multiplicación *in vitro* de plátano. Servicio Nacional de Aprendizaje Regional Quindío. Colombia.
- Vuylstele, D., & De Langhe, E. (1985). Feasibility of *in vitro* propagation of bananas and plantains. *Tropical Agriculture*, 62(4), 325-328.