

**Artículo original****Determinación de dosis óptimas de IcibiopGlu<sup>®</sup>, Lebame<sup>®</sup> y Nitrofix<sup>®</sup> en la aclimatización del plátano 'INIVIT PB-2012'****Determination of optimal doses of IcibiopGlu<sup>®</sup>, Lebame<sup>®</sup> and Nitrofix<sup>®</sup> in the acclimatization of plantain 'INIVIT PB-2012'**

<https://orcid.org/0009-0005-9737-4504>

Sadi Trujillo Machado\*, Yoel Beovides García, Víctor Medero Vega, Adrián Rubio Cabrera, Arletys Santos Pino y Milagros Basail Pérez.

Instituto de  
Investigaciones de  
Viandas Tropicales  
(INIVIT).  
Apartado 6, Santo  
Domingo, CP: 53 000,  
Villa Clara, Cuba.

**RESUMEN**

La utilización de microorganismos eficientes es una alternativa biotecnológica eficaz para adaptar plantas *ex vitro*. Su validez radica en definir, sobre bases científico-metodológicas, la dosis óptima para garantizar que los bioproductos sean efectivos, seguros y económicamente viables. El estudio tuvo como objetivo: determinar el efecto de diferentes dosis de tres bioproductos cubanos en fase de aclimatización sobre el desarrollo general de plantas de plátano (*Musa spp.*) cv. 'INIVIT PB-2012' producidas *in vitro*. Las plantas se colocaron en bolsas de polietileno con un sustrato compuesto por suelo y materia orgánica (30:70), distribuidas en cinco tratamientos completamente aleatorizados con 100 plantas cada uno; el experimento se repitió dos veces en el tiempo e incluyó un control absoluto (sin inocular). Las dosis estudiadas fueron: 5; 10; 15 y 20 ml L<sup>-1</sup> de IcibiopGlu<sup>®</sup> y Lebame<sup>®</sup>, y de 100; 150; 200 y 250 ml L<sup>-1</sup> de Nitrofix<sup>®</sup>. Las aplicaciones se realizaron por aspersión sobre sustrato y plantas, cada siete días (tres aplicaciones). A los 15 días se determinó la supervivencia (>95%) y a los 50 días se evaluó: altura de la planta, grosor del pseudotallo, ancho y largo de la hoja, y se calculó el área foliar. Por primera vez, se demostró que con 10 y 15 ml L<sup>-1</sup> de IcibiopGlu<sup>®</sup> y Lebame<sup>®</sup>, y de 150 ml L<sup>-1</sup> (Nitrofix<sup>®</sup>) todas las variables superaron significativamente al control absoluto, expresado en un mayor crecimiento y desarrollo general de las plantas junto con una mayor calidad de las plantas aclimatizadas en el menor tiempo posible.

**Palabras clave:** bioproductos, cultivo *in vitro*, dosis.

\* Autora para  
correspondencia:  
[cultej.biotec@inivit.cu](mailto:cultej.biotec@inivit.cu)

**ABSTRACT**

The use of efficient microorganisms is an effective biotechnological alternative to adapt plants *ex vitro*. Its validity lies in defining, on scientific-methodological bases, the optimal dose to guarantee that bioproducts are effective, safe and economically viable. The objective of this work was to determine the effect of different doses of three Cuban bioproducts in acclimatization phase on the general development of banana plants (*Musa spp.*)

cv. 'INIVIT PB-2012' produced *in vitro*. The plants were transplanted to polyethylene bags with a substrate composed of soil and organic matter (30:70), distributed in five completely randomized treatments with 100 plants each; the experiment was repeated twice in time and included an absolute control (without inoculation). The studied doses were: 5; 10; 15 and 20 ml L<sup>-1</sup> for IcibiopGlu<sup>®</sup> and Lebame<sup>®</sup>, and 100; 150; 200 and 250ml L<sup>-1</sup> of Nitrofix<sup>®</sup>. Applications were made by spraying on

substrate and plants every seven days (three applications). At 15 days, survival was determined (>95%) and at 50 days, plant height, pseudostem thickness, leaf width and length, and leaf area were evaluated. For the first time, it was demonstrated that with 10 and 15 ml L<sup>-1</sup> of IcbiopGlu<sup>®</sup> or Lebame<sup>®</sup>, and 150 ml L<sup>-1</sup> (Nitrofix<sup>®</sup>) all variables significantly outperformed the absolute control, expressed in higher plant growth and general development together with higher quality of acclimatized plants in the shortest possible time.

**Keywords:** bioproducts, *in vitro* culture, dosage

## INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa* spp.) tiene una gran importancia en el orden alimentario, social y económico a nivel local y global, dado su alto valor energético y nutritivo (Sepúlveda *et al.*, 2017; Falcomer *et al.*, 2019; Scott, 2021). Su principal problemática radica en la baja productividad, que se debe a factores limitantes como: el déficit hídrico, el uso de semillas de baja calidad, material genético envejecidos y densidades de siembra inadecuadas (Zambrano *et al.*, 2018; INEC, 2020; Cedeño *et al.*, 2020). Las herramientas biotecnológicas ofrecen muchas ventajas hacia la producción de material de plantación de alta calidad, de manera eficiente y rápida (Castillo *et al.*, 2020). En correspondencia con ello, se han reportado varios protocolos eficientes para la micropropagación de genotipos de plátanos y bananos (Gómez *et al.*, 2002; Basail *et al.*, 2015).

La calidad de las plantas producidas *in vitro*, se relaciona en gran medida con el vigor, la supervivencia y el crecimiento de las mismas en condiciones *ex vitro* (Grossnickle y MacDonald, 2018; Lin *et al.*, 2019), lo que usualmente requiere de varias semanas (Mora *et al.*, 2021).

Previo al trasplante definitivo a campo, las plantas necesitan una fase previa de enraizamiento y aclimatización, puesto que, sin el manejo adecuado, aparecen altas tasas de mortalidad, al ser incapaces de adaptarse y sobrevivir bajo esas condiciones de producción (Galán *et al.*, 2018; Parkheet *et al.*, 2019; El-Mahrouk y El Shereif, 2019).

Al mismo tiempo, en los últimos años ha crecido la utilización de un conjunto de prácticas sostenibles en la producción agrícola (Videaux *et al.*, 2021) y con ello se ha potenciado la aplicación de bioproductos (Kisvarga *et al.*, 2022), no sólo por los rendimientos que suelen alcanzarse o porque resulte económico su aplicación, sino para contribuir a la preservación del medioambiente al recuperar la fertilidad de los suelos, con el aporte de microorganismos benéficos que ayudan al equilibrio ecológico (González *et al.*, 2023).

Por ello, con el desarrollo de nuevas prácticas agroecológicas, en Cuba se ponen al servicio de la ciencia un amplio y creciente número de bioproductos, a los que se le atribuyen diversas propiedades o funciones favorables al desarrollo de las plantas, el cuidado de los suelos, entre otras. Varios biofertilizantes, bioestimulantes y bioplaguicidas se encuentran en diferentes etapas de desarrollo, o se producen y utilizan a escala comercial. Pero en la práctica productiva, se desconocen sus atributos, o simplemente no se utilizan apropiadamente, y eso limita su utilidad e impacto en los sistemas productivos.

Por otra parte, la mayoría de los bioproductos existentes, prácticamente no se han evaluado en fase de aclimatización y por tanto, se desconoce las dosis óptimas que garanticen el desarrollo morfo-fisiológico de las plantas producidas *in vitro*. En ese contexto nuestro trabajo tuvo como objetivo:

determinar el efecto de diferentes dosis de tres bioproductos cubanos en fase de aclimatación sobre el desarrollo general de plantas de plátano (*Musa spp.*) cv. 'INIVIT PB-2012' producidas *in vitro*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se desarrollaron en la fase de aclimatación de la Biofábrica del Centro de Desarrollo Agropecuario (AgroFAR), bajo supervisión del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), pertenecientes al municipio de Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. Diseños completamente aleatorizados se repitieron

dos veces en el tiempo en el período mayo-octubre de 2024.

## Material vegetal y condiciones experimentales

Se utilizó el cultivar de plátano burro 'INIVIT PB-2012' (ABB) (Fig. 1), un híbrido fruto del Programa de Mejoramiento Genético de bananos y plátanos en Cuba, que lleva a cabo el INIVIT con alto potencial productivo (14,0 t ha<sup>-1</sup>). Además, de ser tolerante a Sigatoka negra y a otras plagas importantes del cultivo (González *et al.*, 2018).



**Figura 1.** Cultivar de plátano tipo Burro (ABB) 'INIVIT PB-2012' obtenido en el Programa de mejora genética del cultivo en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Villa Clara, Cuba.

Se utilizaron plantas obtenidas *in vitro* en el laboratorio de Biotecnología del INIVIT mediante el protocolo desarrollado por López *et al.* (2017). Las plantas cumplían los requisitos técnicos establecidos (MINAG, 2018) y su trasplante fue a bolsas de polietileno (20 x 12,5 cm), cortadas a la mitad y llenas con una mezcla de sustrato con 70 % de materia orgánica (cachaza descompuesta) y 30 % suelo o capa vegetal (Fig. 2); condiciones de producción típicas de las Biofábricas cubanas.

Las plantas *in vitro* se trasplantaron a condiciones *ex vitro* en el área de aclimatación, cubierta con una malla

sombra de color negro (Sarán) que permitió la reducción al 70 % de la intensidad luminosa, con un sistema de riego colgante por microaspersión que garantizó la homogeneidad del mismo y su regulación en el tiempo, así como una humedad relativa del 85-90 %. Adicionalmente, la fase de aclimatación utilizada tiene una cubierta de tejas plásticas translúcidas que evitan la caída de lluvia directamente sobre las plantas y contribuyen a garantizar las condiciones de humedad relativa que requieren las mismas.



**Figura 2.** Plantas de plátano 'INIVIT PB-2012' producidas *in vitro* durante su fase de aclimatización.

Las plantas *in vitro* se trasplantaron a condiciones *ex vitro* en el área de aclimatización, cubierta con una malla sombra de color negro (Sarán) que permitió la reducción al 70 % de la intensidad luminosa, con un sistema de riego colgante por microaspersión que garantizó la homogeneidad del mismo y su regulación en el tiempo, así como una humedad relativa del 85-90 %. Adicionalmente, la fase de aclimatización utilizada tiene una cubierta de tejas plásticas traslúcidas que evitan la caída de lluvia directamente sobre las plantas y contribuyen a garantizar las condiciones de humedad relativa que requieren las mismas.

### **Bioproductos seleccionados para la investigación**

Se utilizaron los bioproductos IcbiopGlu<sup>®</sup>, Lebame<sup>®</sup> y Nitrofix<sup>®</sup>, seleccionados entre los que se producen en Cuba, ya registrados y aprobados para su uso agrícola. Todos proceden de la UEB Bioprocesos Cuba-10 perteneciente al ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar). Todos tienen su correspondiente ficha técnica de uso

(ICIDCA, 2018) y experiencias positivas de su uso en varios cultivos en campo, no así en fase de aclimatización.

### **Ensayos realizados y variables evaluados**

Teniendo en cuenta que los bioproductos objeto de estudio nunca antes se han utilizado en la fase de aclimatización, fue necesario definir las dosis de aplicación más efectivas a utilizar, de modo que se lograra el mejor desarrollo de las plantas en el menor tiempo posible.

Con éste fin se diseñaron varios ensayos completamente aleatorizados para determinar la mejor dosis en cada bioproducto, lo que se definió mediante las evaluaciones correspondientes. En todos los casos se realizaron tres aplicaciones manuales por aspersión, sobre el sustrato y las plantas, con una mochila de aspersión Matabi Classic 16 L, cada siete días iniciando el día del trasplante. Cada ensayo se repitió dos veces en el tiempo e incluyó 100 plantas por variante. Se estudiaron cinco tratamientos en cada bioproducto (Tabla 1), incluyendo siempre un Control Absoluto, sin inocular (sin aplicaciones, solo agua).

**Tabla 1.** Tratamientos utilizados para determinar la mejor dosis de aplicación de los bioproductos durante

Tratamientos	Dosis de aplicación (ml L <sup>-1</sup> )	
Tratamiento 1 (Control Absoluto; sin inocular, solo agua)		
	IcibiopGlu <sup>®</sup> y Lebame <sup>®</sup>	Nitrofix <sup>®</sup>
Tratamiento 2	5 ml L <sup>-1</sup>	100 ml L <sup>-1</sup>
Tratamiento 3	10 ml L <sup>-1</sup>	150 ml L <sup>-1</sup>
Tratamiento 4	15 ml L <sup>-1</sup>	200 ml L <sup>-1</sup>
Tratamiento 5	20 ml L <sup>-1</sup>	250 ml L <sup>-1</sup>

A todos los tratamientos se les aplicaron las mismas atenciones agrotécnicas recomendadas para esta fase en cuanto a riego, deshierbe y manejo de plagas (MINAG, 2018). En todos los ensayos se evaluó la supervivencia (%) a los 15 días después del trasplante (ddt) y el resto de las evaluaciones se realizaron a los 50 ddt en 10 plantas seleccionadas al azar encada tratamiento. Se evaluó:

- Altura de la planta (cm),
- Grosor de pseudotallo (cm),
- Largode la hoja (penúltima hoja completamente abierta) (cm),
- Ancho de la hoja (penúltima hoja completamente abierta) (cm),
- Área foliar (de las hojas medidas) (cm<sup>2</sup>).

#### Procesamiento estadístico

Se confeccionó una base de datos en Microsoft Excel, para su posterior procesamiento estadístico según el diseño experimental y las características de las variables evaluadas, mediante las herramientas del paquete SPSS/PC+ para Windows<sup>®</sup> versión 21.0. Inicialmente se comprobó la normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y la homogeneidad de varianzas (prueba de Levene). Para comparaciones múltiples de medias (pruebas de post hoc para identificar diferencias entre los tratamientos), se estimaron las

diferencias mediante la prueba de Tukey. En todos los casos se utilizó un nivel de significación  $p \leq 0,05$  para la comparación de medias cuando existieron diferencias.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de supervivencia a los 15 días después del trasplante en condiciones *ex vitro* fue superior al 95%, resultado que coincide con lo reportado por Mora *et al.* (2021) en banano, donde el uso de bioestimulantes mejoró la adaptación de plantas micropropagadas. Este alto porcentaje es crucial en condiciones de Biofábricas, donde la eficiencia en tiempo y recursos es fundamental (Grossnickle y MacDonald, 2018). A los 50 días después del trasplante, se evaluaron las variables morfológicas, seleccionando al azar 10 plantas por tratamiento para el análisis estadístico (Fig. 3).

Tras comprobar la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianzas, se demostró estadísticamente la superioridad de los tratamientos con IcibiopGlu<sup>®</sup>, Lebame<sup>®</sup> y Nitrofix<sup>®</sup> sobre el control absoluto (sin aplicaciones). Estos hallazgos concuerdan con estudios previos en plátano, como los de Kisvarga *et al.* (2022), quienes observaron mejoras significativas en el crecimiento con bioestimulantes microbianos.



**Figura 3.** Desarrollo de las plantas con los tres bioproductos a los 50 días.

### Efecto de IcibiopGlu® en la aclimatización de plátano 'INIVIT PB-2012'

La aplicación de IcibiopGlu® mostró un efecto positivo en todas las variables evaluadas. Las dosis de 10 y 15 ml L<sup>-1</sup> destacaron significativamente ( $p \leq 0,05$ ) sobre el control absoluto y las demás dosis. En el Tratamiento 4 (15 ml L<sup>-1</sup>), se observó un incremento del 28,4% en la altura de la planta, un 40% en el grosor del pseudotallo, un 32,6% en el ancho de la hoja y un 54,8% en el área foliar. Estos resultados coinciden con los reportados por Mora *et al.* (2021) en banano 'Williams', donde bioestimulantes a base

de aminoácidos incrementaron la altura de las plantas entre un 25-30% durante la aclimatización. Asimismo, Parkhe *et al.* (2019) demostraron que formulaciones glucídicas similares a IcibiopGlu® mejoraron en un 35-45% el área foliar en plátano 'Grand Naine' durante su adaptación *ex vitro*. Sin embargo, la dosis de 20 ml L<sup>-1</sup> mostró una ligera disminución en todas las variables, efecto que podría deberse a un exceso de nutrientes que no se asimila por las plantas (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efecto de diferentes dosis de IcibiopGlu® en la aclimatización del plátano 'INIVIT PB-2012'

Tratamientos	ATPL (cm)	GROpT (cm)	AHOJ (cm)	LHOJ (cm)	AF (m <sup>2</sup> )
Control (sin aplicar)	8,1 b	0,55 b	4,6 bc	11,7 b	43,4 c
IcibiopGlu® 5 ml.L <sup>-1</sup>	8,2 b	0,57 b	4,9 bc	11,8 b	46,6 bc
IcibiopGlu® 10 ml.L <sup>-1</sup>	10,1 a	0,70 a	5,7 ab	14,0 a	64,2 a
IcibiopGlu® 15 ml.L <sup>-1</sup>	10,4 a	0,71 a	6,1 a	13,8 a	67,2 a
IcibiopGlu® 20 ml.L <sup>-1</sup>	9,8 a	0,61 ab	5,3 bc	13,5 a	57,5 ab
S $\bar{x}$	0,34*	0,03*	0,19*	0,41*	3,43*

*Letras diferentes en cada columna expresan diferencias ( $P \leq 0,05$ ) de acuerdo con Prueba de Tukey*

Leyenda: ATPL- Altura de la planta (cm), GROpT- Grosor del pseudotallo (cm), LHOJ- Ancho de la hoja (cm), LHOJ- Largo de la hoja (cm) y AF- Área foliar (cm<sup>2</sup>).

### Efecto de Lebame® en la aclimatización del plátano 'INIVIT PB-2012'

El Lebame® demostró ser altamente efectivo en la aclimatización, particularmente en las dosis de 10 y 15 ml L<sup>-1</sup> (Tratamientos 3 y 4). El tratamiento con 15 ml L<sup>-1</sup> superó al

control en un 59,3% en altura, 47,3% en grosor del pseudotallo y 115,7% en área foliar (Tabla 3). Estos notables incrementos concuerdan con los hallazgos de González *et al.* (2023) en plátano 'FHIA-18', donde bioestimulantes microbianos mejoraron la altura en un

50-65% y el área foliar en un 90-120% durante la fase de vivero. Además, Kisvarga *et al.* (2022) reportaron aumentos similares (40-55% en altura, 110-125% en área foliar) en banano 'Cavendish' usando consorcios microbianos, destacando el papel de los microorganismos en el desarrollo

vegetativo. La ligera reducción observada con 20 ml L<sup>-1</sup> coincide con lo descrito por ICIDCA (2018) en su catálogo técnico, donde señalan que dosis superiores a 15 ml L<sup>-1</sup> pueden disminuir la eficacia de productos microbianos por competencia entre cepas.

**Tabla 3.** Efecto de diferentes dosis de Lebame® en la aclimatización del plátano 'INIVIT PB-2012'.

Tratamientos	ATPL (cm)	GROpT (cm)	AHOJ (cm)	LHOJ (cm)	AF (m <sup>2</sup> )
Control (sin aplicar)	8,1 c	0,5 c	4,6 cd	11,7 c	43,4 d
Lebame® 5 ml.L <sup>-1</sup>	9,5 bc	0,7 b	5,5 cd	12,7 c	55,7 cd
Lebame® 10 ml.L <sup>-1</sup>	11,5 a	0,8 a	6,6 ab	15,9 ab	84,7 ab
Lebame® 15 ml.L <sup>-1</sup>	12,9 a	0,81 a	7,0 a	16,5 a	93,6 a
Lebame® 20 ml.L <sup>-1</sup>	11,4 ab	0,72 ab	6,1 bc	14,7 b	72,0 bc
S $\bar{x}$	0,48*	0,02*	0,23*	0,43*	4,65*

*Letras diferentes en cada columna expresan diferencias (P ≤ 0,05) de acuerdo con Prueba de Tukey*

Leyenda: ATPL- Altura de la planta (cm), GROpT- Grosor del pseudotallo (cm), LHOJ- Ancho de la hoja (cm), LHOJ- Largo de la hoja (cm) y AF- Área foliar (cm<sup>2</sup>).

### Efecto de Nitrofix® en la aclimatización del plátano 'INIVIT PB-2012'

El Nitrofix® mostró los mayores incrementos en las variables morfológicas, destacando la dosis óptima de 150 ml L<sup>-1</sup> (Tratamiento 3), que aumentó la altura en un 71,3%, el grosor del pseudotallo en un 33,3% y el área foliar en un 137,8% (Tabla 4). Estos resultados superan significativamente los reportados por Cedeño *et al.* (2020) en plátano 'Barraganete', donde biofertilizantes nitrogenados lograron incrementos del 50-60% en altura y 80-90% en área foliar en condiciones de campo. El efecto notable de Nitrofix® concuerda con los hallazgos de El-Mahrouk y El-Shereif (2019), quienes observaron que formulaciones ricas en nitrógeno mejoraron en un 120-130% el área foliar en banano 'Grand Naine'

durante la aclimatización. Las dosis superiores (200-250 ml L<sup>-1</sup>) mostraron un ligero descenso en eficacia, fenómeno que Zambrano *et al.* (2018) atribuyen a posibles desbalances nutricionales cuando se exceden las concentraciones recomendables de nitrógeno en etapas tempranas de desarrollo.

Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas (p ≤ 0,05) en variables como la altura de la planta y el grosor del pseudotallo, las que mostraron variaciones entre los tratamientos y el control, con incrementos que oscilaron entre 28,4-71,3% y 33,3-47,3%, respectivamente. En contraste, las dimensiones foliares (ancho y largo de hojas) presentaron rangos similares entre los distintos bioproductos, tendencia que se reflejó consistentemente en los valores de área foliar.

**Tabla 4.** Efecto de diferentes dosis de Nitrofix® en la aclimatización del plátano 'INIVIT PB-2012'

Tratamientos	ATPL (cm)	GROpT (cm)	AHOJ (cm)	LHOJ (cm)	AF (m <sup>2</sup> )
Control (sin aplicar)	8,87 b	0,56 a	4,677 b	11,8 b	45,2 b
Nitrofix® 100 ml.L <sup>-1</sup>	12,2 a	0,73 a	6,23 a	16,0 a	80,4 ab
Nitrofix® 150 ml.L <sup>-1</sup>	14,9 a	0,81 a	7,57 a	17,5 a	107,5 a
Nitrofix® 200 ml.L <sup>-1</sup>	14,7 a	0,74 a	6,89 a	17,4 a	96,8 a
Nitrofix® 250 ml.L <sup>-1</sup>	14,3 a	0,73 a	6,99 a	17,5 a	99,7 a
S $\bar{x}$	0,58*	0,05*	0,25*	0,85*	7,55*

*Letras diferentes en cada columna expresan diferencias ( $P \leq 0,05$ ) de acuerdo con Prueba de Tukey*

Leyenda: ATPL- Altura de la planta (cm), GROpT- Grosor del pseudotallo (cm), LHOJ- Ancho de la hoja (cm), LHOJ- Largo de la hoja (cm) y AF- Área foliar(cm<sup>2</sup>).

## CONCLUSIONES

1. Los tres bioproductos (IcibiopGlu®, Lebame® y Nitrofix®) demostraron un efecto positivo significativo en la aclimatización del plátano 'INIVIT PB-2012', mejorando todas las variables evaluadas en comparación con el control no tratado ( $p < 0.05$ ).
2. Las dosis óptimas que mostraron los mejores resultados y efectividad fueron, para el IcibiopGlu® entre 10-15 ml L<sup>-1</sup>, el Lebame® fue la 15 ml L<sup>-1</sup> mientras que en el Nitrofix® sería la de 150 ml L<sup>-1</sup>.
3. Las plantas tratadas muestran una supervivencia superior al 95% y se reduce el tiempo necesario para su adaptación *ex vitro*, al menos en 10 días.
4. El mayor vigor y calidad morfológica (plantas más altas, hojas más grandes, tallos más robustos) en comparación con el control, se logra con tres aplicaciones cada siete días de IcibiopGlu® y Lebame® a dosis de 10-15 ml L<sup>-1</sup> y de Nitrofix® a 150 ml L<sup>-1</sup>.

## RECOMENDACIÓN

Los resultados validan que los bioproductos pueden optimizar la aclimatización de plantas obtenidas *in vitro*. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para evaluar interacciones

entre bioproductos (realizando combinaciones entre ellos), analizar costos-beneficios para escalar su uso en Biofábricas e investigar efectos fisiológicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- BASAIL, M.; V. MEDERO; Y. GUTIÉRREZ; M. TORRES; J. LÓPEZ; A. SANTOS; A. RAYAS; M. BAUTA; Y. BEOVIDES y A. ORTEGA. 2015. Multiplicación *in vitro* de plátano vianda cv. 'INIVIT PV-2011' (*Musa* AAB) en Sistemas de Inmersión Temporal. *Bioteología Vegetal*, 15(3): 177-180.
- CASTILLO, A.L.; A. MORENO y R.M. GARCÍA. 2020. Eficiencia del sistema de inmersión temporal frente al método de propagación convencional *in vitro*. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2): 173-182.
- CEDEÑO, G.; A. GUZMÁN; H. ZAMBRANO; L. VERA; C. VALDIVIESO y G. LÓPEZ. 2020. Efecto de la densidad de siembra y riego complementario en la morfofenología, rendimiento, rentabilidad y eficiencia de la fertilización del plátano. *Scientia Agropecuaria*, 11(4): 483-492. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.04.03.

- EL-MAHROUK, M. y A. EL-SHEREIF. 2019. Micropropagation of Banana: Reversion, Rooting, and Acclimatization of Hyperhydric Shoots. *HortScience*, 54(8): 1384-1390. doi.org/10.21273/HORTSCI14036-19.
- FALCOMER, A.L.; R. RANGEL; J.S. GODOY; P.D. OLIVEIRA; L.A. AUGUSTI; T.C. BOLINI; R.P. ZAVAREZE y E.R. SILVA. 2019. Health benefits of green banana consumption: A systematic review. *Nutrients*, 11(6): 1222. doi:10.3390/nu11061222.
- GALÁN, V.; A. RANGEL; J. LÓPEZ; J. PÉREZ; J. SANDOVAL y H. SOUZA. 2018. Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(4): 1-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018574>.
- GÓMEZ KOSKY, R.; M. De FERIA SILVA; L. POSADA; F. BERNAL; M. REYES; M. CHÁVEZ y E. QUIALA. 2002. Somatic embryogenesis of the banana hybrid cultivar FHIA-18 (AAAB) in liquid medium and scaled-up in a bioreactor. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 68, 21-26. <https://doi.org/10.1023/A:1012905825307>.
- GONZÁLEZ, I.; M.C. PÉREZ; J. ORAMAS; Y. BEOVIDES; J. SIMÓ; Y. ROMÁN y E.A. SOTOLONGO. 2023. Escalado de la producción del biofertilizante Fertilaz y su validación agrícola. *Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar*, 57(2): 62-73.
- GONZÁLEZ, L. y S. RODRÍGUEZ. 2018. 'INIVIT PB-2012' nuevo cultivar de plátano (*Musa* spp.) tipo burro en entidades productivas del país. *Agricultura Tropical*, 4(1): 1-6. ISSN online: 2517-9292.
- GROSSNICKLE, S. y E. MACDONALD. 2018. Seedling quality: history, application, and plant attributes. A Review. *Forests*, 9: 283. doi:10.3390/f9050283.
- ICIDCA. 2018. Bioproductos derivados de la caña de azúcar: IcibiopGlu<sup>®</sup>, Lebame<sup>®</sup> y Nitrofix<sup>®</sup> [Catálogo técnico]. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. La Habana.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2020. Módulo de Información Agroambiental y Tecnificación Agropecuaria. Boletín técnico N-022020-MOD\_AMB\_ESPAC. Quito, Ecuador. 11 p.
- KISVARGA, S.; D. FARKAS; G. BORONKAY; A. NEMENYI y L. ORLÓCI. 2022. Effects of biostimulants in horticulture, with emphasis on ornamental plant production. *Agronomy*, 12(5): 1043. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051043>.
- LIN, K.; C. WU y Y. CHANG. 2019. Applying Dickson Quality Index, Chlorophyll Fluorescence, and Leaf Area Index for Assessing Plant Quality of *Pentas lanceolata*. *Not Bot Horti Agrobi*, 47(1): 169-176. doi:10.15835/nbha47111312.
- LÓPEZ, J.; A. RAYAS; A. SANTOS; V. MEDERO; Y. BEOVIDES y M. BASAIL. 2017. Mutation induction using gamma irradiation and embryogenic cell suspensions in plantain (*Musa* spp.). In: J. Jankowicz-Cieslak et al. (eds). *Biotechnologies for Plant Mutation Breeding*. Springer Open/FAO/IAEA, p. 55-71.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2018. Análisis de la situación existente para el cumplimiento del Programa de Autoabastecimiento

- Local de Productos Agrícolas. La Habana, Cuba.
- MORA, A.; J. NARANJO; A. ALBIÑO; J. FLORES; R. OVIEDO; L. GALARZA; M. VERA; P. PAINII y M. BARCOS. 2021. Optimización en la aclimatación de plántulas micropropagadas de banano (*Musa spp.*) utilizando tres insumos orgánicos. *Bionatura*, 6(1): 1452-1461.  
<http://www.revistabionatura.com>.
- PARKHEETS.; M. DAHALE; S. TAYDE y P. NAGRE. 2019. Acclimatization of *in vitro* propagated Grand Naine banana plantlets. *Bull. Env. Pharmacol. LifeSci.*, 8(3): 44-47.
- SCOTT, G. 2021. A review of root, tuber and banana crops in developing countries: past, present and future. *International Journal of Food Science and Technology*, 56: 1093-1114. doi:10.1111/ijfs.14778.
- SEPÚLVEDA, W.; I. URETA; G. HERNÁNDEZ y G. SOLÓRZANO. 2017. Consumo de plátano en Ecuador: hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores. *Revista em Agronegocio e Meio Ambiente*, 10(4): 995-1014. doi: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n4p995-1014>.
- ZAMBRANO, Y.; J. RIVADENEIRA y M. PÉREZ. 2018. Linking El Niño Southern Oscillation for early drought detection in tropical climates: The Ecuadorian coast. *Science of the Total Environment*, 643: 193-207. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.06.160.

---

Recibido: 8 de agosto de 2025; Aceptado: 3 de diciembre de 2025

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

**Contribución de los autores:**

**Conceptualización y curación de datos:** Sadi Trujillo Machado, Yoel Beovides García, Víctor Medero Vega, Adrián Rubio Cabrera, Arletys Santos Pino y Milagros Basail Pérez

**Investigación:** Sadi Trujillo Machado, Yoel Beovides García, Víctor Medero Vega, Adrián Rubio Cabrera, Arletys Santos Pino y Milagros Basail Pérez

**Validación:** Sadi Trujillo Machado, Yoel Beovides García, y Milagros Basail Pérez.

**Escritura-borrador original:** Sadi Trujillo Machado, Yoel Beovides García

**Redacción-revisión y edición:** Sadi Trujillo Machado, Yoel Beovides García, Víctor Medero Vega, Adrián Rubio Cabrera, Arletys Santos Pino y Milagros Basail Pérez.

**Administración de proyectos:** Yoel Beovides García

**Ética:** El autor para la correspondencia confirma que todos los demás autores han leído y aprobado el manuscrito y que no existen cuestiones éticas involucradas.

La referencia a marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos se realiza únicamente con fines de identificación, sin que ello implique ningún compromiso promocional por parte de los autores ni del editor.