

Propagación *in vitro* mejorada de Musa spp. cultivar 'INIVIT PB-2012' utilizando VIUSID Agro® como bioestimulante

Enhanced *in vitro* propagation of Musa spp. cultivar 'INIVIT PB-2012' using VIUSID Agro® as a bio-stimulant

Milagros Basail Pérez ^{*1}, Víctor Medero Vega¹, Adrián Rubio Cabrera¹, Arletys Santos Pino¹, Sadi Trujillo Machado¹, Yoel Beovides García¹

¹ <http://www.inivit.cu> / Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) / Santo Domingo, Villa Clara / Cuba);

Autor Correspondencia. sit.biotec@inivit.cu*



Check for updates

RESUMEN

Desde hace más de tres décadas en las Biofábricas de Cultivo de Tejidos, se emplean las técnicas *in vitro* para la propagación de varios cultivares. Sin embargo, la expansión de las técnicas de micropropagación depende de la adaptación de nuevas metodologías que permitan incrementar el coeficiente de multiplicación y mejorar la calidad de las plantas. En el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), con el objetivo de incrementar el coeficiente de multiplicación en la propagación *in vitro* del cultivar de plátano 'INIVIT PB-2012' se estudiaron diferentes concentraciones de VIUSID Agro® (0.0 ml.l⁻¹, (control); 0.05 ml.l⁻¹, 0.10 ml.l⁻¹; 0.15 ml.l⁻¹; y 0.20 ml.l⁻¹ de VIUSID Agro®). Se evaluó el coeficiente de multiplicación (u), altura de los brotes de yemas axilares (cm), grado de oxidación (u) y diámetro del pseudo tallo de los brotes de yemas axilares (cm) a los 15 días en la etapa de establecimiento *in vitro* y a los 21 días durante la multiplicación *in vitro* después de haberse realizado el subcultivo. Se pudo demostrar que al utilizar una dosis de 0.15 ml.l⁻¹ de VIUSID Agro® se incrementó de forma significativa el coeficiente de multiplicación de 1.0 (control) a 1.78 en la etapa de establecimiento *in vitro* sin diferencias con la dosis de 0.20 ml.l⁻¹ de VIUSID Agro® y en la etapa de multiplicación *in vitro* con una dosis de 0.10 ml.l⁻¹ de VIUSID Agro® sin diferencia con la dosis de 0.15 ml.l⁻¹ de VIUSID Agro® aumentando el coeficiente de multiplicación de 1.51 (control) a 3.42; así como los demás parámetros evaluados obteniendo explantes de alta calidad fisiológica y genética.

Palabras claves: Bioestimulante, coeficiente de multiplicación, dosis, explantes.

ABSTRACT

For more than three decades, *in vitro* techniques have been used in tissue culture biofactories for the propagation of various cultivars. However, the expansion of micropropagation techniques depends on the adaptation of new methodologies that increase the multiplication coefficient and improve plant quality. At the Plant Biotechnology Laboratory of the Tropical Root Vegetable Research Institute (INIVIT), different concentrations of VIUSID Agro® (0.0 ml.l⁻¹ (control), 0.05 ml.l⁻¹, 0.10 ml.l⁻¹; 0.15 ml.l⁻¹; and 0.20 ml.l⁻¹ of VIUSID Agro®) were studied to increase the multiplication coefficient in the *in vitro* propagation of the plantain cultivar 'INIVIT PB-2012'. The multiplication coefficient (u), height of axillary bud shoots (cm), oxidation degree (u), and pseudostem diameter of axillary bud shoots (cm) were evaluated at 15 days in the *in vitro* establishment stage and at 21 days during *in vitro* multiplication after subculture. It was shown that by using a dose of 0.15 ml.l⁻¹ of VIUSID Agro®, the multiplication coefficient was significantly increased from 1.0 (control) to 1.78 in the *in vitro* establishment stage with no differences with

the dose of 0.20 ml.l⁻¹ of VIUSID Agro® and in the in vitro multiplication stage with a dose of 0.10 ml.l⁻¹ of VIUSID Agro® without differences with the dose of 0.15 ml.l⁻¹ of VIUSID Agro® increasing the multiplication coefficient from 1.51 (control) to 3.42; as well as the other parameters evaluated, obtaining explants of high physiological and genetic quality.

Keywords: Bio stimulant, multiplication coefficient, dose, explants.

INTRODUCCIÓN

Los plátanos y bananos (*Musa* spp.) representan uno de los cultivos alimentarios más importantes a nivel mundial, particularmente en regiones tropicales y subtropicales, donde constituyen una fuente esencial de energía, nutrientes y sustento económico. Según la División de Estadísticas de la FAO, la producción global de bananas alcanzó aproximadamente 952 millones de toneladas métricas en 2023, lo que evidencia su papel estratégico en la seguridad alimentaria mundial y en el comercio agrícola internacional ¹.

El uso de herramientas biotecnológicas se ha consolidado como una estrategia fundamental para la multiplicación de material vegetal libre de enfermedades ². Esta metodología ha facilitado la introducción rápida de nuevas variedades desarrolladas mediante selección, mutagénesis, programas de mejoramiento genético o manipulación directa del genoma.

Diversos clones de plátanos y bananos han sido propagados con éxito mediante cultivo in vitro por organogénesis directa a partir de yemas axilares, un sistema reconocido por su alta fidelidad genética, bajos índices de variación somaclonal y elevada reproducibilidad, libre de agentes contaminantes ³. Sin embargo, en el cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’ —desarrollado por el programa de mejoramiento genético del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales— ha mostrado bajos coeficientes de multiplicación durante las fases de establecimiento y multiplicación in vitro, lo que limita su aprovechamiento comercial.

Una alternativa prometedora para mejorar estos índices de multiplicación es el uso del VIUSID Agro®, un bioestimulante vegetal que actúa como regulador del crecimiento, estimulando diversos procesos fisiológicos implicados en el desarrollo de las plantas.

Este producto ha sido empleado con éxito en diferentes áreas de la agronomía como alternativa ecológica al uso de insumos químicos convencionales. Su composición incluye ácido málico, glicirricinato monoamónico, aminoácidos, fosfatos, vitaminas y minerales, todos sometidos a un proceso de activación molecular por biocatálisis, lo cual incrementa la actividad biológica y la reactividad bioquímica de sus componentes sin alterar su estructura ⁴⁻⁶. Esta formulación potencia las condiciones de crecimiento inicial, regula procesos metabólicos dentro de las células vegetales, y es completamente inocua para el medio ambiente y no tóxica ^{7,8}.

Hasta la fecha, no se han encontrado estudios publicados sobre el uso de VIUSID Agro® en sistemas de propagación in vitro, siendo su aplicación reportada solo en cultivos agrícolas en condiciones ex vitro.

Por tanto, su evaluación en sistemas de micropropagación representa una innovación significativa en el campo de la biotecnología vegetal.

Considerando esta problemática, el presente estudio se planteó como objetivo evaluar el efecto del VIU-SID Agro® sobre el establecimiento y la multiplicación *in vitro* del cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’, con énfasis en su influencia sobre el coeficiente de multiplicación y la calidad fisiológica de los explantes.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Cuba. En el período comprendido entre febrero y octubre del 2024.

Procedimientos generales

Los medios de cultivo se esterilizaron en autoclave a 121 °C de temperatura y una presión de 1.2 Kg.cm⁻², el tiempo de esterilización varió en dependencia del volumen de medio de cultivo. El instrumental (pinzas, espátulas y bisturí) se desinfectó en un esterilizador eléctrico (DENT-EQ) que permaneció dentro del flujo laminar horizontal.

Medios de cultivo

En la etapa de establecimiento *in vitro* se utilizó el medio de cultivo formado por las sales MS, suplementado con sacarosa (30.0 g.l⁻¹); tiamina adicional (1.0 mg.l⁻¹); mioinositol (100.0 mg.l⁻¹); 6-BAP (1.13 mg.l⁻¹); AIA (0.88 mg.l⁻¹)⁹ y para la multiplicación *in vitro* se utilizó el medio de cultivo basal MS con 2.25 mg.l⁻¹ de 6-BAP; 0.18 mg.l⁻¹ de AIA; 30,0 g.l⁻¹ de sacarosa; 10.0 mg.l⁻¹ de ácido ascórbico (control)¹⁰.

Condiciones de cultivo *in vitro*

Luz artificial: se utilizó un fotoperíodo de 16 horas de luz y ocho de oscuridad, y una densidad de flujo de fotones fotosintéticos (DFFF) de 62-68 μmol m⁻² s⁻¹, temperatura 27±2°C.

Material vegetal

Se utilizó el cultivar de plátano burro ‘INIVIT PB-2012’ procedentes del Banco de Germoplasma INIVIT. A partir de plantas en floración, previamente seleccionadas con buen estado fitosanitario y nutricional, se seleccionaron los hijos de tipo “espada” con una altura entre 25 y 30 cm, los cuales fueron llevados a condiciones semicontroladas (Fase 0 de la micropropagación) en una casa de cultivo cubierta por una malla plástica de color verde (zarán), que logra una reducción de la intensidad luminosa del 70%. El riego se realizó por microaspersión mediante el sistema microjet con una frecuencia de seis riegos al día y una duración de dos minutos cada uno, lo cual garantizó una humedad relativa del 85-90%. Transcurridos 45 días se eliminaron las partes más externas del cormo y las vainas foliares, hasta obtener secciones de aproximadamente diez centímetros de largo y cinco centímetros de diámetro, que encierran el ápice vegetativo.

Establecimiento *in vitro*

Se realizó una primera desinfección con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 3% durante 20 minutos, seguido por tres lavados con agua desionizada estéril durante 3-5 minutos cada uno. En condiciones asépticas en

una cámara de flujo laminar se redujo el tamaño del material vegetal hasta 2-3 cm de alto con una base cuadrada de 1.5 cm aproximadamente, seguido de una segunda desinfección por 10 minutos con NaOCl al 2.5% y tres lavados de dos minutos cada uno con agua destilada estéril. Luego se redujo el tamaño hasta obtener un ápice de aproximadamente 0.50 cm² para su incubación en el medio de cultivo de establecimiento *in vitro* en estado líquido con soporte de papel de filtro durante 15 días. Pasados los 15 días de cultivo en el medio de cultivo antes mencionado, los ápices fueron seccionados a la mitad y se colocaron en el medio de multiplicación, Figura 1.

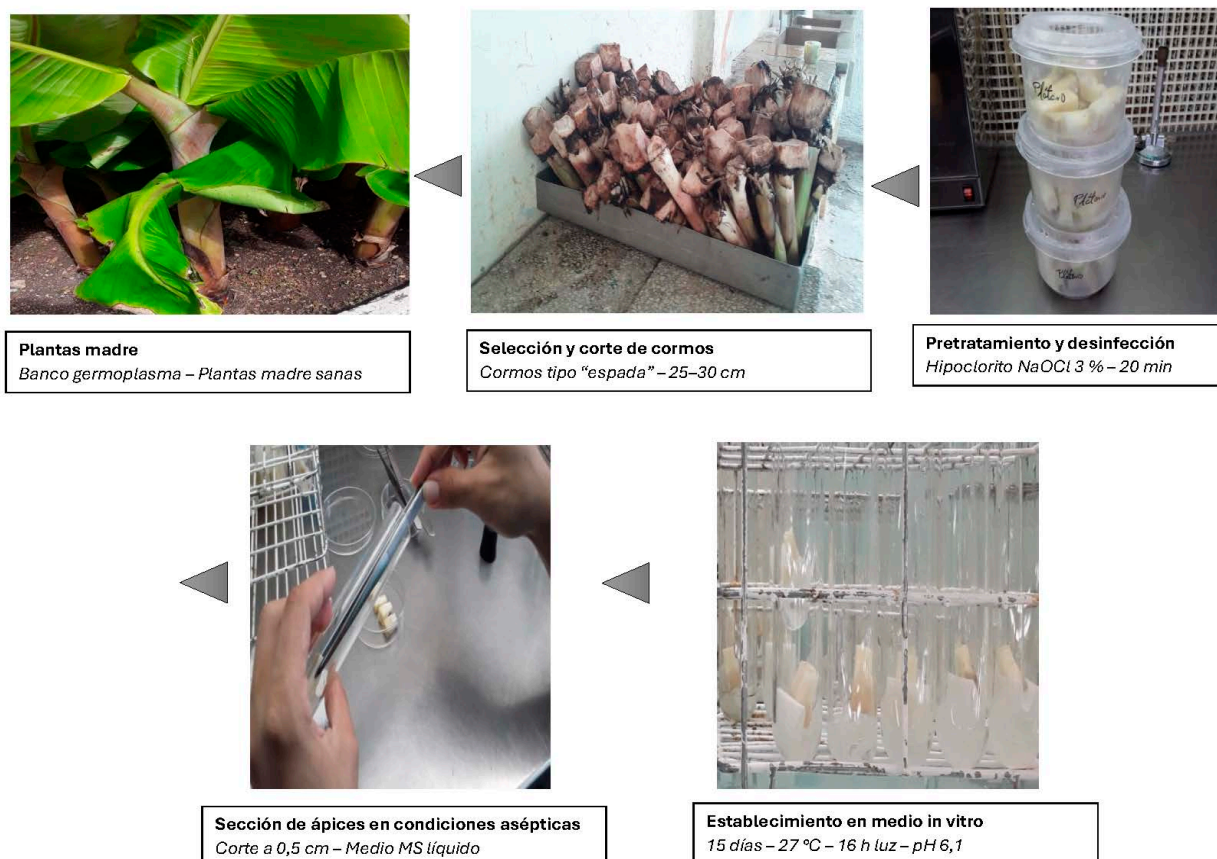


Figura 1. Flujo de trabajo para el establecimiento *in vitro* del cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’ con adición de VIUSID Agro®. Se muestran las etapas desde la selección de plantas madre sanas en banco de germoplasma, corte de cormos tipo “espada”, pretratamiento y desinfección, sección de ápices en condiciones asépticas y establecimiento en medio de cultivo MS suplementado. Se indican los tiempos y condiciones clave de cada fase (fotoperíodo de 16 h, temperatura 27 °C, pH 6.1). A la derecha, panel comparativo antes/después del tratamiento con VIUSID Agro®, evidenciando el incremento en vigor y desarrollo de los explantes.

Se colocó 1 explantes por tubo de ensayo con 15 ml de medio cultivo por cada uno (establecimiento y multiplicación *in vitro*), adicionando diferentes dosis del producto VIUSID Agro® en el flujo laminar, el

cual fue esterilizado por filtración con una membrana PTFE de 0.22 μm , (MIDISART 2000, SARTORIUS Co.

El coeficiente de multiplicación se calculó de la siguiente forma:

$$\text{CM} = \frac{\text{Número de explantes obtenidos}}{\text{Número de explantes adicionados}}$$

Con el objetivo de incrementar el coeficiente de multiplicación y la calidad de los explantes en el cultivar de plátano 'INIVIT PB-2012' se evaluaron diferentes dosis del VIUSID Agro® desde 0.0 ml.l⁻¹ (control); 0.05 ml. l⁻¹, 0.10 ml. l⁻¹; 0.15 ml.l⁻¹ y 0.20 ml.l⁻¹.

En los experimentos las evaluaciones se realizaron a los 15 días de cultivo durante la etapa de establecimiento *in vitro* y a los 21 días en multiplicación *in vitro* y se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento, donde se evaluó:

- I. Coeficiente de multiplicación (u). Se determinó por el número de brotes finales con respecto al número de brotes iniciales.
- II. Altura de los brotes de yemas axilares (cm). Se midió desde la base del pseudotallo hasta la inserción de la primera hoja.
- III. Grado de oxidación según escala (u)¹¹.
Grado 0: no hubo oxidación, coloración del explante de blanco–amarillo crema.
Grado 1: Incipiente coloración carmelita sin llegar a la necrosis del tejido.
Grado 2: 25% de tejido necrótico en la base del explante.
Grado 3: 50% de tejido necrótico en la base del explante.
Grado 4: 75% de tejido necrótico en la base del explante con penetración.
Grado 5: 100% de tejido necrótico en la base del explante con penetración y se necesitan cortes profundos para lograr que la asimilación de nutrientes sea efectiva.
- IV. Diámetro del pseudotallo de los brotes de yemas axilares (cm). Se midió el diámetro de la base del pseudotallo.

Todos los medios de cultivo el pH se ajustó a 6.1 antes de la esterilización en autoclave.

En los experimentos se aplicó un diseño completamente aleatorizado por entender homogéneas las condiciones de cultivo dentro de las cámaras y considerar como única fuente de variación los tratamientos.

Se comprobó el ajuste a la distribución normal de los datos de cada tratamiento (Kolmogorov-Smirnov) y la homogeneidad de las varianzas (Levene). Puesto que se encontró normalidad y homogeneidad de varianzas, con un nivel de significación de $p < 0.05$, los datos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple y la comparación múltiple de medias se realizó según la prueba de Tukey. Para el procesamiento de los datos se empleó el paquete estadístico SPSS ver 25.0 para Windows.

RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos se pudo demostrar que el mejor resultado se obtuvo con la adición de 0.15 ml.l⁻¹ de Viusid Agro® adicionado al medio de cultivo en establecimiento *in vitro* en el cultivar de plátano 'INIVIT PB-2012' a los 15 días de cultivo (Figura 2); donde los explantes presentaron características cualitativas muy superiores al resto de los demás tratamientos como un alto coeficiente de multiplicación, altura del explante y diámetro del pseudotallo, Figura 3, 4 y 5.



a) Control

b) 0.15 ml.l⁻¹ VIUSID Agro[®]

Figura 2. Comparación visual de explantes de plátano ‘INIVIT PB-2012’ durante la fase de establecimiento *in vitro* a los 15 días de cultivo. A la izquierda, tratamiento control sin VIUSID Agro[®]; a la derecha, explantes tratados con 0.15 ml.l⁻¹ de VIUSID Agro[®]. Se observa un aumento significativo del coeficiente de multiplicación (1.78 vs 1.0), mayor altura de brotes y diámetro del pseudotallo, así como reducción en el grado de oxidación.

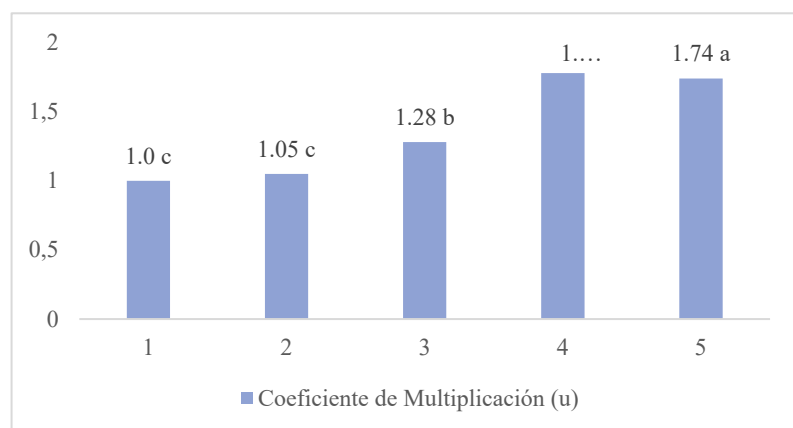


Figura 3. Resultados del coeficiente de multiplicación (u) durante la fase de establecimiento *in vitro* a los 15 días de cultivo con el uso del VIUSID Agro[®] en el cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’.

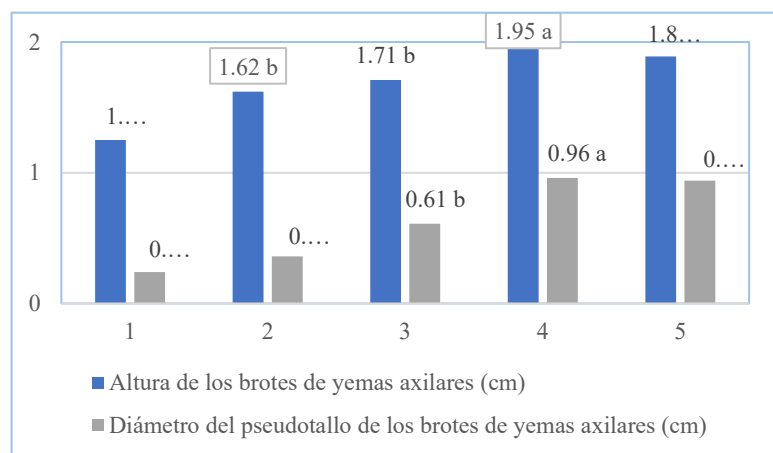


Figura 4. Resultados de la altura de los brotes de yemas axilares (cm) y el diámetro del pseudotallo de los brotes de yemas axilares (cm) durante la fase de establecimiento *in vitro* a los 15 días de cultivo con el uso del VIUSID Agro[®] en el cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’.

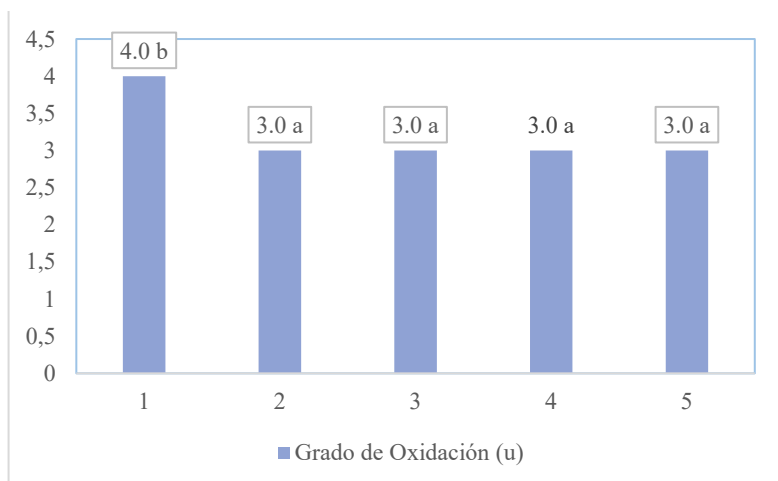


Figura 5. Resultados del grado de oxidación (u) durante la fase de establecimiento *in vitro* a los 15 días de cultivo con el uso del VIUSID Agro® en el cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’.

Al evaluar el efecto del VIUSID Agro® durante la fase de multiplicación *in vitro* podemos decir que el mejor resultado se obtuvo con una dosis de 0.10 ml.l⁻¹ de VIUSID Agro® a los 21 días de cultivo (Figura 6); incrementando de esta forma todas las variables evaluadas en el cultivar de plátano de plátano ‘INIVIT PB-2012’, sin diferencias significativas con el tratamiento de 0.15 ml.l⁻¹, Figura 7, 8 y 9.



a) Control



b) 0,10 ml.l⁻¹ VIUSID Agro®

Figura 6. Comparación visual de explantes de plátano ‘INIVIT PB-2012’ durante la fase de multiplicación *in vitro* a los 21 días de cultivo. A la izquierda, tratamiento control sin VIUSID Agro®; a la derecha, explantes tratados con 0.10 ml.l⁻¹ de VIUSID Agro®. Se aprecia un mayor número de brotes (coeficiente de multiplicación de 3.42 vs 1.51), brotes más robustos y menor oxidación visible.

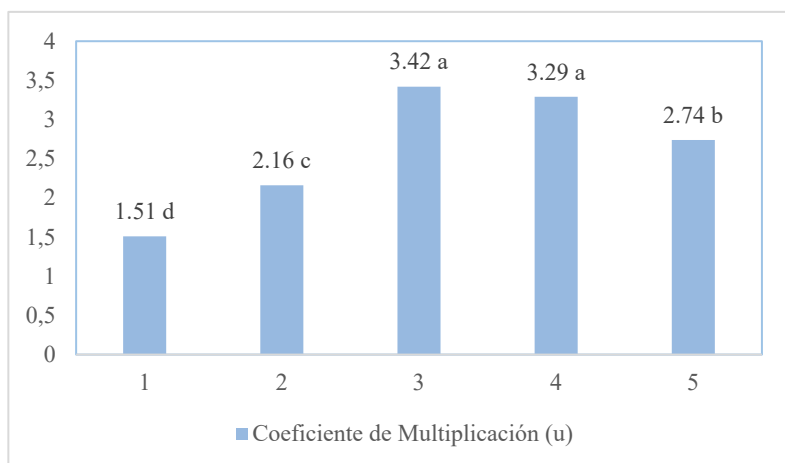


Figura 7. Resultados del coeficiente de multiplicación (u) durante la fase de multiplicación *in vitro* a los 21 días de cultivo con el uso del VIUSID Agro® en el cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’.

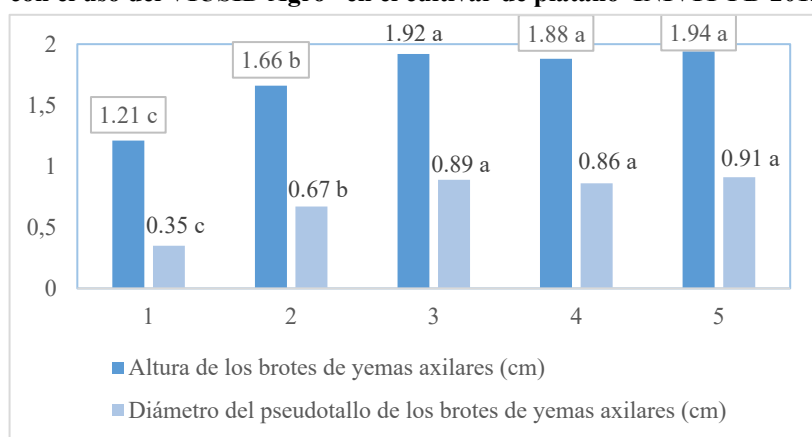


Figura 8. Resultados de la altura de los brotes de yemas axilares (u) y el diámetro del pseudotallo de los brotes de yemas axilares (u) durante la fase de multiplicación *in vitro* a los 21 días de cultivo con el uso del VIUSID Agro® en el cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’.

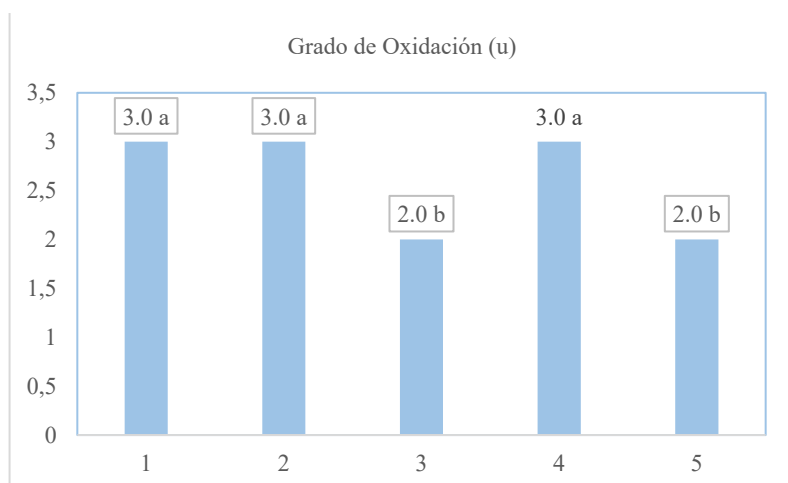


Figura 9. Resultados del grado de oxidación (u) durante la fase de multiplicación *in vitro* a los 21 días de cultivo con el uso del VIUSID Agro® en el cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’.

Tratamientos: 1. Control; 2. 0.05 mL.l⁻¹ VIUSID Agro®; 3. 0.10 mL.l⁻¹ VIUSID Agro®; 4. 0.15 mL.l⁻¹ VIUSID Agro®; 5. 0.20 mL.l⁻¹ VIUSID Agro®.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio confirman el potencial del bioestimulante VIUSID Agro® como agente promotor del crecimiento en la micropropagación del cultivar de plátano ‘INIVIT PB-2012’, una variedad de alta demanda agroproductiva. La aplicación de concentraciones específicas (0.15 ml.l⁻¹ en establecimiento y 0.10 ml.l⁻¹ en multiplicación) permitió incrementar significativamente el coeficiente de multiplicación, así como mejorar el vigor vegetal y reducir los niveles de oxidación, en comparación con los explantes control.

Estos hallazgos resultan relevantes si se consideran los desafíos reportados en la literatura para la propagación de variedades de *Musa* spp., que frecuentemente presentan baja eficiencia en fases iniciales de cultivo *in vitro* ^{12, 13}. En estudios previos se han descrito bioestimulantes como el ácido salicílico, aminoácidos libres o extractos de algas, pero con resultados variables y dependientes del genotipo ^{14,15}. En este sentido, el presente trabajo representa el primer reporte conocido sobre la aplicación de VIUSID Agro® en cultivos de *Musa* spp. bajo condiciones *in vitro*, ampliando su aplicación más allá del cultivo de ajo ¹⁶.

A nivel fisiológico, los efectos observados podrían estar relacionados con los componentes bioactivos del VIUSID Agro®, que incluyen ácido málico, aminoácidos, glicirricinato, vitaminas y minerales activados molecularmente. Se ha documentado que estos compuestos pueden estimular la división y elongación celular, la síntesis de proteínas y la actividad de enzimas antioxidantes ^{17,18}. Esto explicaría el notable incremento en altura, grosor del pseudotallo y reducción en los signos de oxidación en los explantes tratados, factores críticos para la supervivencia y regeneración de plantas en fases posteriores.

Comparando con estudios internacionales, valores similares de mejora en el coeficiente de multiplicación se han logrado en sistemas de inmersión temporal utilizando citocininas en plátano ¹⁹ (López et al., 2008) o mediante aminoácidos exógenos en soya ²⁰, lo que sugiere que el uso de compuestos bioactivos complejos como VIUSID Agro® puede ofrecer ventajas comparables o superiores, con un enfoque más integral y menos fitotóxico.

Nuestro hallazgo de respuesta óptima a dosis específicas —sin requerir concentraciones excesivas— se asemeja a lo observado en sistemas de inmersión temporal, donde la frecuencia y dosis correctas optimizan la proliferación y calidad de planta” (Méndez-Hernández & Loyola-Vargas, 2024) ^{21,22}.

Desde el punto de vista de la aplicabilidad agrícola, los tiempos cortos de evaluación (15–21 días), junto con la mejora en todos los parámetros morfofisiológicos, posicionan al VIUSID Agro® como una herramienta prometedora para escalar la producción de vitroplantas de plátano con alta calidad genética y fisiológica, tanto en medios convencionales como en sistemas automatizados (biorreactores de inmersión temporal).

Perspectivas Futuras

- Evaluar el efecto del VIUSID Agro® en otros genotipos de *Musa* spp. y en otras fases del proceso (aclimatación y campo).
- Explorar sinergias con sistemas de inmersión temporal o cultivo líquido continuo.
- Estudiar los mecanismos moleculares de acción, incluyendo perfiles transcriptómicos o metabolómicos asociados a la acción del bioestimulante.

- Comparar directamente el rendimiento de este bioestimulante con otros de uso común en la micropropagación tropical.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la aplicación del bioestimulante VIUSID Agro® en concentraciones específicas mejora significativamente el desarrollo in vitro del cultivar de plátano 'INIVIT PB-2012'. En la fase de establecimiento, una dosis de 0.15 ml.l⁻¹ permitió aumentar el coeficiente de multiplicación de 1.0 a 1.78, mientras que en la fase de multiplicación, 0.10 ml.l⁻¹ elevó este valor a 3.42, en comparación con el tratamiento control.

Además del incremento en el número de brotes, se observaron mejoras significativas en la altura de los explantes, diámetro del pseudotallo y una reducción en el grado de oxidación, lo cual sugiere un efecto positivo integral sobre la calidad fisiológica de los tejidos cultivados. Estos efectos se relacionan con la acción sinérgica de los compuestos bioactivos del VIUSID Agro®, incluyendo aminoácidos, vitaminas, glicirricinato y ácido málico, activados mediante biocatálisis molecular.

Los hallazgos coinciden con investigaciones previas en cultivos como ajo, soya o *Camelina sativa*, donde se ha demostrado que bioestimulantes complejos pueden mitigar el estrés oxidativo y promover el crecimiento bajo condiciones controladas. En este sentido, el presente trabajo aporta una evidencia novedosa sobre el uso de VIUSID Agro® en sistemas de micropropagación vegetal, especialmente en *Musa* spp., un grupo con alta importancia agroalimentaria en regiones tropicales.

El uso de VIUSID Agro® no solo permite acortar el tiempo del ciclo in vitro a 15–21 días, sino que también representa una alternativa sostenible, no tóxica y potencialmente escalable a sistemas de cultivo más avanzados como biorreactores de inmersión temporal.

Contribuciones de los autores

Contribución de los autores: Conceptualización, Milagros Basail Pérez; Metodología, Milagros Basail Pérez, Víctor Medero Vega y Arletys Santos Pino; Validación, Milagros Basail Pérez y Víctor Medero Vega; Análisis formal, Milagros Basail Pérez y Arletys Santos Pino; Investigación, Milagros Basail Pérez, Víctor Medero Vega y Adrián Rubio Cabrera; Análisis de datos, Milagros Basail Pérez, Arletys Santos Pino, Sadi Trujillo Machado y Yoel Beovides García; Escrito borrador del manuscrito, Milagros Basail Pérez y Víctor Medero Vega; Revisión y edición, Milagros Basail Pérez; Supervisión, Sadi Trujillo Machado, Adrián Rubio Cabrera y Yoel Beovides García. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento:

Esta investigación recibió financiación del Programa Nacional de Alimento Humano y su Agroindustria, financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Agradecimientos:

Los autores agradecen a los colegas que aportaron con su conocimiento para la versión final del manuscrito.

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. FAO Statistics Division. Bananas: Market and Trade. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); 2023 [cited 2025 Aug 14]. Available from: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/bananas-tropical-fruits/bananas/es>
2. González J. Diagnóstico de enfermedades virales pertenecientes al género de los potivirus en los genotipos de ñame “Pacala Duclos” (*Dioscorea alata* L.) y Ñame de Guinea (*Dioscorea rotundata* Poir.). [Master’s thesis]. Santa Clara (CU): Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas; 2019. 57 p.
3. Gutiérrez Y, Folgueras M, Santos A, López L, Medero V, Reinaldo D, Alvarado-Capó Y. Determinación del crecimiento in vitro en clones de Musa spp. Rev Biotecnol Veg. 2019;19(2):147–52.
4. Pérez D, Calero A, Peña K, Gutiérrez J, Rodríguez V. Densidades de plantas y aplicación foliar de aminoácidos incrementan el rendimiento del ajonjolí. Temas Agrar. 2017;29:100–12.
5. Peña C, Olivera V, Habermann E, Calero H, Lupino G, De Mello P, et al. Exogenous application of amino acids mitigates the deleterious effects of salt stress on soybean plants. Agronomy. 2022;12(9):2014. doi:10.3390/agronomy12092014
6. Zhang C, Zhang J, Liu W, Ji J, Zhang K, Li H, et al. Mechanisms of branched chain amino acids promoting growth and lipid accumulation in Camelina sativa seedlings under drought and salt stress. Sustain Energy Technol Assess. 2025;104:201.
7. Catalysis. Reseña sobre el VIUSID® Agro [Internet]. 2019 [cited 2022 Feb 21]. Available from: <https://www.catalysisagro.com/es/quees.php>
8. Peña K, Rodríguez J, Meléndrez J. Efecto de la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente en el cultivo de Anthurium andreaeanum Lind. Rev Granma Cienc. 2015;19(2):1–12.
9. López J, Ventura J, Santos A. Genetic improvement of Musa spp. by in vitro mutational plant breeding. In: Proceedings of the Second Research Coordination Meeting of FAO/IAEA/BADC; Kuala Lumpur. Vienna: IAEA; 2008. p. 63–4.
10. Wu H, Kuo M, Chen C. Promotion of vegetative growth in force-ventilated Protea cynaroides L. explants cultured in modified temporary immersion culture vessels. HortScience. 2018;53(1):231–5. doi:10.21273/HORTSCI12513-17
11. Aragón C, Sánchez C, González J, Escalona M, Carvalho L, Amâncio S. Comparison of plantain plantlets propagated in temporary immersion bioreactors and gelled medium during in vitro growth and acclimatization. Biol Plant. 2014;58(1):29–38.
12. Galvez D, Rodríguez S, Domínguez K, Robaina A, Rubio A. VIUSID Agro® en la propagación in vitro del ajo (Allium sativum L.). Rev Agric Trop. 2019;5(1):34–44.
13. Méndez-Hernández HA, Loyola-Vargas VM. Plant micropropagation and temporary immersion systems. Methods Mol Biol. 2024;2747:69–88. doi:10.1007/978-1-0716-3273-6_5

14. Raha P, Majumder S, Ghosh PD. Direct organogenesis and in vitro regeneration in a liquid culture system without hyperhydricity: a rapid protocol for *Solanum melongena*. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2024;157(1):45–57. doi:10.1007/s11240-024-02345-0
15. Olivera Vicedo D, Peña Calzada K, Habermann E, Calero Hurtado A, De Mello Prado R, et al. A review of the role of amino acids in mitigating salt stress in plants. *J Plant Physiol.* 2023;286:154032. doi:10.1016/j.jplph.2023.154032
16. Bairagi S, Sarkar D, Dey J, Adhikary D. In vitro regeneration and genetic stability analysis of 'Malbhog' banana (*Musa paradisiaca* L.) using temporary immersion bioreactors. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2021;144(1):21-32. doi:10.1007/s11240-020-01997-6
17. Kitto SL. Commercial Micropropagation. *HortScience.* 1997;32(6):1012–1014.
18. Martínez P, Pérez A, Orellana P, Toledo A. El efecto de un bioestimulante comercial en el crecimiento de *Anthurium andreaeanum* Lind. bajo condiciones de invernadero. *Rev Granma Cienc.* 2018;22(1):34-45.
19. Park Y, Lee Y, Kim H. Growth promotion of *Protea cynaroides* L. using a modified temporary immersion bioreactor system. *Plant Cell Rep.* 2020;39(1):123-132. doi:10.1007/s00299-019-02500-2
20. Al-Ani MA, Al-Hadi N, Al-Jabouri A. Efficacy of branched chain amino acids on growth and antioxidant activity of *Camelina sativa* under water stress. *Plant Physiol.* 2024;185:789–801. doi:10.1104/pp.24.00123
21. Paek KY, Murthy HN. Recent developments in temporary immersion bioreactor systems for micropropagation of ornamental plants. *Plant Cell Rep.* 2022;41(8):1687-1698. doi:10.1007/s00299-022-02878-x
22. Sharma A, Kaur S, Sharma M. Overcoming hyperhydricity in in vitro cultures of *Solanum melongena* L. by optimizing liquid medium composition. *In Vitro Cell Dev Biol Plant.* 2023;59(3):345-356. doi:10.1007/s11627-023-10334-x

Recibido: 8 de Julio de 2025 / **Aceptado:** 15 de agosto de 2025 / **Publicado:** 15 de septiembre de 2025

Citación: Basail Pérez M, Medero Vega V, Rubio Cabrera A, Santos Pino A, Trujillo Machado S, Beovides García Y. Enhanced in vitro propagation of *Musa* spp. cultivar 'INIVIT PB-2012' using VIUSID Agro® as a bio-stimulant. *Bionatura Journal* 2025;2(3):7. doi:10.70099/BJ/2025.02.03.7

Información adicional

La correspondencia debe dirigirse a: sit.biotec@inivit.cu

Información sobre la revisión por pares. *Bionatura Journal* agradece a los revisores anónimos su contribución a la revisión por pares de este trabajo utilizando <https://reviewerlocator.webofscience.com/>.

ISSN: 3020-7886

Todos los artículos publicados por *Bionatura Journal* son de acceso libre y permanente en línea inmediatamente después de su publicación, sin gastos de suscripción ni barreras de registro.

Nota del editor: *Bionatura Journal* se mantiene neutral en cuanto a las reclamaciones jurisdiccionales en los mapas publicados y las afiliaciones institucionales.

Copyright: © 2025 por los autores. Se presentó para su posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).