Rev. Agricultura Tropical Vol. 7 No. 2:35-46, julio-diciembre, 2021
ISSN on line: 2517-9292, RNPS: 2397

EFECTO DEL PROMOTOR DEL CRECIMIENTO VIUSID agro® EN EL DESARROLLO MORFO-FISIOLÓGICO DE PLANTAS DE PLÁTANO DURANTE SU ACLIMATIZACIÓN

Yoel Beovides García*, Jorge López Torres, Milagros Basail Pérez, Diosdada Galvez Guerra, Aymé Rayas Cabrera y Arletys Santos Pino
Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, Santo Domingo, CP: 53 000, Villa Clara, Cuba.
**Autor para la correspondencia: biomol.biotec@inivit.cu, ybeovides72@gmail.com*

Recibido: 19 de octubre de 2021; Aceptado: 17 de noviembre de 2021

RESUMEN
VIUSID agro® es un regulador del crecimiento vegetal de origen natural comercializado por la empresa española Catalysis S.L y ha demostrado su utilidad en varios cultivos. Con el objetivo de evaluar su efecto en el desarrollo morfo-fisiológico de plantas de plátano 'INIVIT PB - 2012' producidas *in vitro*, se diseñó un experimento completamente al azar en fase de aclimatización con seis tratamientos. Se realizaron tres aplicaciones (una semanal) del bioproducto por aspersión foliar según las siguientes dosis: 1,5; 2,5; 3,5 y 4,0 ml.L^{-1}, además, un control absoluto (sin aplicación) y otro con fertilizante mineral (fórmula completa). Los experimentos se desarrollaron en cámaras de umbráculo con un sustrato compuesto por 70 % de materia orgánica (cachaza) y 30 % suelo. A los 60 días se evaluó en 15 plántulas: grosor del pseudotallo (cm), altura de la planta (cm), número de hojas, ancho y largo de la hoja desarrollada (cm) y su área foliar (cm^2). Se observó una respuesta positiva en el desarrollo de las plantas siempre que se utilizó VIUSID agro®. A partir de 2,5 ml.L^{-1} las variables fueron significativamente superiores ($P \leq 0,05$) al control (sin aplicación) para grosor del pseudotallo, altura de la planta y área foliar y comparables a las obtenidas bajo fertilización mineral (vigorosas y saludables). Con dosis iguales o superiores a 3,5 ml.L^{-1} se deterioró la calidad de las plántulas (muy finas y altas). En conclusión, tres aplicaciones (cada siete días) de VIUSID Agro® a 2,5 ml.L^{-1}, influyó positivamente en los indicadores morfo-fisiológicos del plátano durante la aclimatización.
Palabras clave: aclimatización, bioestimulante, cultivo *in vitro*, plátano.

EFFECT OF THE GROWTH PROMOTER VIUSID agro® ON THE MORPHO-PHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT OF PLANTAIN PLANTLETS DURING THEIR ACCLIMATIZATION

ABSTRACT
VIUSID agro® is a plant growth promoter from natural origin marketed by the Spanish company Catalysis S.L and it has demonstrated its utility in several crops. With the objective of evaluating the effect of VIUSID agro® on the development of *in vitro* produced plants of plantain cv. 'INIVIT PB-2012' during the acclimatization phase. An investigation was carried out It was evaluated through a completely randomized design with different doses of the product: 0 (absolute control); 1.5; 2.5, 3.5 and 4.0 ml.L^{-1} by foliar aspersion (three applications, weekly); a control with the recommended mineral fertilizer doses was included. The experiments were developed in shelter cameras directly in the substrate

with 70 % of organic matter (filter mud) and 30 % of soil. At 60 days after transplanting were evaluated in 15 plantlets: the pseudostem thickness (cm), plant height (cm), number of leaves, width and length of the developed leaf (cm) and its foliar area (cm^2). A positive effect was observed in the general development of plants when the VIUSID agro® was used. Starting from 2.5 $ml.L^{-1}$ the variables were significantly superior to the control (without application) and comparable with those obtained with the recommended mineral fertilization (vigorous and healthy). The dose of 3.5 $ml.L^{-1}$ or more deteriorated the quality of plantlets (very thin and high). In conclusion, three applications (every seven days) of VIUSID Agro® at 2.5 $ml.L^{-1}$, positively influenced the morpho-physiological indicators of plantain during the acclimatization.
Keywords: acclimatization, biostimulant, *in vitro* culture, plantain.

INTRODUCCIÓN

En tiempos en que el enfrentamiento al cambio climático y el desarrollo de una agricultura sostenible y productiva, representan grandes retos para la producción de alimentos, el uso de bioproductos constituye una prioridad en los sistemas agroproductivos. Hacia la búsqueda de mayores rendimientos en los cultivos, ante el encarecimiento de los fertilizantes químicos, y de la necesidad de reducir su carga contaminante en el sector agrícola, una de las alternativas a tener en cuenta es el uso de promotores del crecimiento que incrementen la productividad sin afectar el ambiente (Peña *et al*., 2016).

Así, en los últimos años se ha promovido el uso de fuentes nutricionales, como los biofertilizantes y los bioestimulantes, más amigables con la naturaleza y capaces de sustituir parcial o totalmente a los fertilizantes químicos, sin afectar el desarrollo y productividad de los cultivos. Parađiković *et al*. (2018) destacaron que los bioestimulantes desempeñan un amplio grupo de acciones beneficiosas en los vegetales, entre ellas: su efecto anti-estrés, estímulo al crecimiento, mejoras en el desarrollo del sistema radical y la absorción de nutrientes, un incremento en la actividad de los tejidos fotosintéticos y vegetativos, y lógicamente en la productividad de los cultivos, entre otros.

En la agricultura cubana se ha promovido mucho en las últimas décadas el uso de bioproductos, y con ello, se produjo un incremento en el número y variedad de bioestimulantes. Entre ellos, se emplean con éxito el Fitomas-E® y el VIUSID agro®, ambos de origen natural y con respuestas vegetativas y productivas muy positivas, usando dosis relativamente bajas. En el caso del segundo, se encuentra aún en etapa de investigación en el país, gracias a una colaboración con la empresa española Catalysis S.L. Se trata de un bioproducto cuyos componentes se expusieron a un proceso de activación molecular que interviene en su efectividad. Resultados en diversos cultivos, en Cuba y otros países, así lo validan: en pastos (Quintana *et al*., 2015), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Peña *et al*., 2015) o maíz (*Zea mays* L.) (Abdel-Lattif *et al*., 2018).

Entre los cultivos de mayor importancia socioeconómica para la alimentación de millones de personas en todo el mundo está el plátano (*Musa* spp.); lo siembran más de 135 países principalmente de las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Brown *et al*., 2017). Según estadísticas de la FAO (2020), tiene una contribución en las exportaciones de aproximadamente 12 billones de dólares al año para la economía global. En Cuba los plátanos y bananos representan un producto de alta prioridad para el programa alimentario nacional, debido a su alta tasa de consumo per cápita, diversidad de usos y las posibilidades de su producción durante todos los meses del año.

En materia de estadísticas, los plátanos (de cocción) y bananos (tipos fruta) se contabilizan por separado, con un significativo predominio global de las áreas dedicadas a los segundos, y con los mayores rendimientos. En el caso de los plátanos, ese año se produjeron 41 580 022 t a nivel global, con un rendimiento de apenas 7,28 $t.ha^{-1}$. En igual fecha, para Cuba se informaron 704 702 t para un rendimiento de 11,38 $t.ha^{-1}$ (FAOSTAT, 2021).

Por otro lado, dentro de las prácticas generales de manejo del cultivo, la calidad del material de plantación es crucial para lograr altas producciones. En plátanos la inversión inicial representa el 70 % de los gastos y de ellos, un 36,49 % se debe a las plántulas iniciales (Tiwari *et al*., 2019). En ese sentido, la micropropagación es una técnica esencial para obtener plantas de mayor calidad fitosanitaria y con un índice de multiplicación superior, respecto a la propagación tradicional (Cruz *et al*., 2016).

Sin embargo, a pesar de que la biotecnología contribuye a multiplicar aceleradamente nuevos cultivares más productivos y mejor adaptados a los ecosistemas, las dificultades con la supervivencia y calidad de las plántulas obtenidas por cultivo *in vitro*, son una limitante durante la compleja adaptación a las condiciones *ex vitro*. Los primeros días en la llamada fase IV o de aclimatización son vitales para su supervivencia; se incluye una humedad relativa cercana al 90 % y un 30 % de exposición a la luz (Clapa *et al*., 2013), y luego, una gradual variación de esos y otros parámetros. Además de la humedad, necesitan una fertilización adecuada, y en ese sentido, da Silva *et al*. (2021) plantearon la necesidad de hallar alternativas para optimizar los recursos y reducir la duración de esa etapa.

Algunas investigaciones han profundizado en la utilización de bioproductos como alternativas nutricionales en la aclimatización de plantas de especies de interés económico producidas *in vitro*. Tal es el caso de Gómez *et al*. (2019), quienes determinaron la utilidad del Fitomas-E® y el VIUSID agro® en la aclimatización *ex vitro* de plantas de caña de azúcar. También Beovides *et al*. (2017) informaron sobre el efecto positivo del segundo bioproducto en fase de aclimatización sobre el desarrollo de plantas de malanga *Colocasia* cv. 'INIVIT MC-2012' producidas *in vitro*.

En base a esas experiencias, y a propósito del necesario enfoque agroecológico que se necesita en cada uno de los procesos vinculados a la agricultura, esta investigación tuvo como objetivo: determinar el efecto de las aplicaciones foliares de VIUSID agro® en la aclimatización de plantas de plátano cv. 'INIVIT PB-2012' producidas *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló durante el año 2019 en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), en el municipio de Santo Domingo, provincia Villa Clara. Se utilizaron plantas producidas *in vitro* del cultivar de plátano (tipo burro) 'INIVIT PB-2012'; las mismas se lavaron con abundante agua corriente antes de la siembra para eliminar restos del medio de cultivo y todas tenían tres hojas y una altura de 3,0 cm.

El ensayo tuvo la particularidad de que las plantas se trasplantaron directamente al sustrato de las cámaras de umbráculo (1x20 m), constituido por un 70 % de materia orgánica (cachaza) y un 30 % de suelo.

Condiciones experimentales

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado y los tratamientos incluyeron dosis de 0 (control absoluto, sin aplicación), 0,3; 0,5; 0,7 y 0,8 $L.ha^{-1}$ (0, 1,5; 2,5; 3,5 y 4,0 $ml.L^{-1}$) de VIUSID agro®; además, un testigo con el fertilizante mineral recomendado (2,5-3,0 $kg.m^{-3}$ de sustrato (MINAG, 2018).

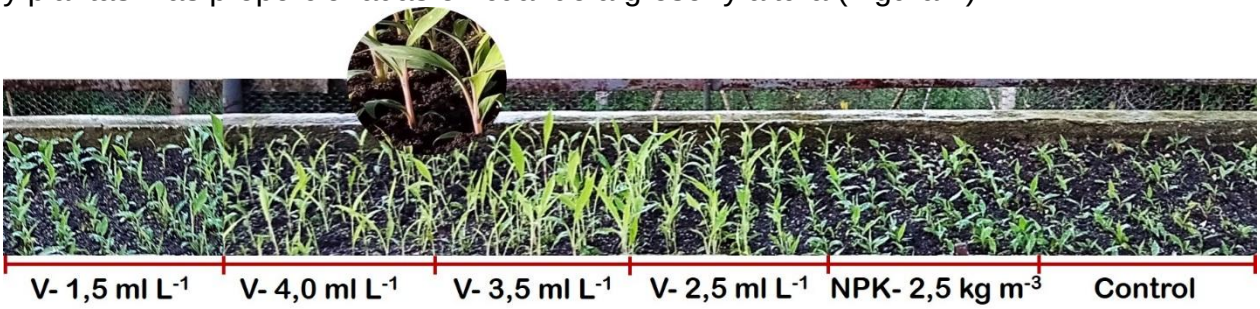
El bioestimulante fue donado gentilmente por la empresa Catalysis S.L (España) a través de la Universidad José Martí de Sancti Spíritus. VIUSID agro® es un producto desarrollado por la división agro-veterinaria de la casa comercial Catalysis (España). El producto es una solución que puede aplicarse a los cultivos mediante fertirriego o de manera foliar; en este estudio se utilizó de manera foliar. VIUSID agro® es un promotor de crecimiento y en su variada formulación contiene aminoácidos, vitaminas y nitrógeno orgánico. Todos los componentes de la solución fueron sometidos a un proceso biocatalítico, que aumenta su eficacia sin alterar sus propiedades (Catalysis, 2020).
Las aplicaciones se iniciaron a partir del tercer día del trasplante y se realizaron tres aplicaciones (una semanal), siempre manualmente con una mochila con capacidad para 6 L. La fertilización mineral mediante fórmula completa (NPK) (9-13-17) se hizo por única vez mezclada con el sustrato previo a la siembra a una dosis de 2,5 $kg.m^{-3}$. A todos los tratamientos se les aplicó las mismas atenciones agrotécnicas recomendadas para esta fase en cuanto a riego, deshierbe y manejo de plagas. El umbráculo disponía de una cubierta de malla plástica o sarán con reducción del 70 % de la intensidad luminosa de forma permanente.

Evaluaciones realizadas y procesamiento estadístico
A los 15 días del trasplante se evaluó el porcentaje de sobrevivencia (%). A los 60 días después del trasplante (ddt), se evaluaron en 20 plantas al azar por cada tratamiento: grosor del pseudotallo (cm), altura de la planta (cm), número de hojas, ancho y largo de la hoja desarrollada (última hoja completamente abierta), y el área foliar de ella (cm^2). El experimento se repitió y evaluó dos veces en el tiempo.
Para procesar la información se utilizaron las herramientas del programa estadístico IBM.SPSS v23 (2016). Inicialmente se comprobó la normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y la homogeneidad de varianza (prueba de Levene). Se realizaron análisis de la varianza (ANOVA) de un factor. 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 $p \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos donde se realizaron aplicaciones de VIUSID agro®, en cuanto al porcentaje de supervivencia de las plantas de plátano del cultivar 'INIVIT PB-2012', pero sí entre ellos y el control absoluto (sin aplicaciones del bioestimulante ni de fertilizante mineral) en el cual sobrevivió el 95,3 % de las plantas. En el resto de los tratamientos se superó el 98 % de sobrevivencia. Ese resultado puede atribuirse a varios elementos, entre ellos el marcado efecto anti-estrés reconocido a los bioestimulantes. En el caso específico del VIUSID agro®, se sabe que éste tiene una composición rica en aminoácidos, y ellos tienen un probado efecto sobre los daños causados por los estreses abióticos (Kowalczyk y Zielony, 2008), incluido el balance del agua en las células vegetales, aspectos de gran importancia en el proceso adaptativo *ex vitro* de las plántulas. Azcón-Bieto y Talón (2008) publicaron que los aminoácidos se absorben fácilmente a través de las hojas y las raíces de las plantas y que el 5-20 % de ellos penetran desde el primer día de la aplicación.
En general se observó un buen desarrollo de las plantas cuando se utilizó alguna alternativa de fertilización y eso significa que resultaron efectivas, incluidas las aplicaciones foliares realizadas cada siete días; esto coincide con lo hallado por Peña

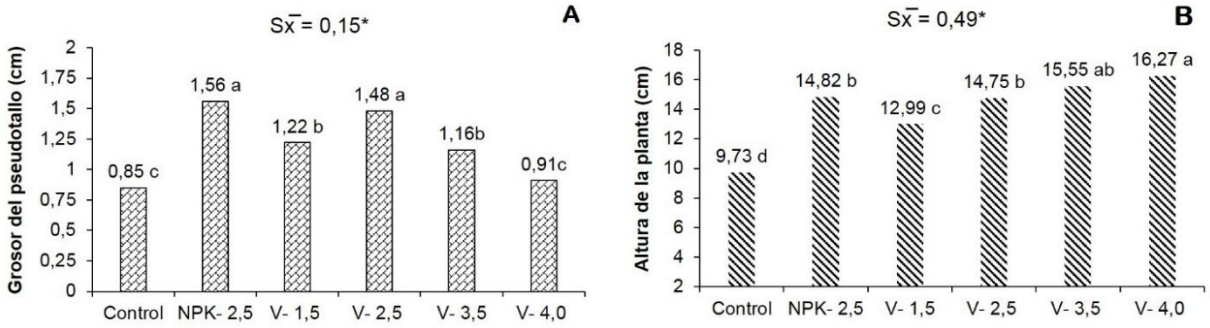
et al. (2016). En ese sentido, Olivera *et al*. (2010) demostraron que en ciclos cortos (como la aclimatización) la utilización de bioproductos debía realizarse mediante aplicaciones por aspersión foliar con una frecuencia semanal para lograr una rápida y eficiente complementación de nutrientes hacia un buen desarrollo de las plantas.
Sin embargo, desde las primeras semanas resultó significativo que aquellas que habían recibido alguna dosis más alta del bioproducto (3,5 y 4,0 ml.L^{-1}) mostraron un alargamiento importante en altura de la planta, un color verde más claro y rojizo. En comparación, los otros tratamientos mantuvieron el color verde característico del cultivar y plantas más proporcionadas en cuando a grosor y altura (Figura 1).



Leyenda: V- 1,5 ml.L^{-1}, VIUSID agro® a 1,5 ml.L^{-1}; V- 4,0 ml.L^{-1}, VIUSID agro® a 4,0 ml.L^{-1}; V- 3,5 ml.L^{-1}, VIUSID agro® a 3,5 ml.L^{-1}; V- 2,5 ml.L^{-1}, VIUSID agro® a 2,5 ml.L^{-1}; NPK- 2,5 kg.m^{-3}, fertilizante mineral fórmula completa a 2,5 kg.m^{-3}; Control, Control absoluto sin aplicaciones.
Figura 1. Desarrollo de las plantas de plátano cv 'INIVIT PB-2012' tres semanas después de iniciar las aplicaciones de VIUSID agro®. Nótese el alargamiento y el color amarillento-rojizo cuando se usaron dosis de 3,5 y 4,0 ml.L^{-1} (0,7 y 0,8 L.ha^{-1}, respectivamente).

Hallar las causas de este comportamiento justificaría profundizar en nuevas investigaciones que incluyan estudios de fisiología vegetal, histología y para la determinación de clorofila u otros componentes bioquímicos de las plantas (proteínas). No obstante, dada la rica y variada composición del VIUSID agro®, es de esperar que aquellas dosis altas del producto puedan provocar un mayor estímulo de algunos procesos biológicos, incluidos aquellos que inciden en un desbalance en el crecimiento.
La evaluación de las variables a los 60 ddt mostró que el control absoluto (sin aplicaciones), siempre mostró los peores resultados, generalmente con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos. Éste es un resultado lógico ya que como bien plantearon Malabadi *et al*. (2011), el proceso de adaptación de las plantas *in vitro* a las condiciones *ex vitro* es uno de las etapas críticas en los protocolos de micropropagación, y en ese caso, las plántulas no tuvieron a su disposición otros recursos externos a los de la propia planta y los nutrientes disponibles en el sustrato. A propósito, Teles *et al*. (2016) aseguraron que la fertilización foliar es un complemento a la que se realiza o existe en el suelo.
En cambio, el resto de los tratamientos recibieron nutrientes exógenos, y especialmente, las aplicaciones del VIUSID agro® por su composición diversa, rica en aminoácidos y otros (Catalysis, 2020), estimularon de diferentes maneras el desarrollo vegetal. Debe considerarse que el proceso biocatalítico recibido por el bioproducto mejora la actividad biológica y la reactividad bioquímica de todas las moléculas antioxidantes presentes.

Al evaluar el grosor del pseudotallo y la altura de la planta, dos variables que deciden en la calidad de las plántulas que salen de la fase de aclimatización a condiciones de campo, se identificaron resultados interesantes (Figura 2).



Leyenda: Control: control absoluto sin aplicaciones; NPK- 2,5: fertilizante mineral fórmula completa en dosis de 2,5 kg.m^{-3}; V- 1,5: VIUSID agro® a 1,5 ml.L^{-1}; V- 2,5: VIUSID agro® a 2,5 ml.L^{-1}; V- 3,5: VIUSID agro® a 3,5 ml.L^{-1}; V- 4,0: VIUSID agro® a 4,0 ml.L^{-1}.

Figura 2. Evaluación del grosor del pseudotallo (A) y la altura de la planta (B) en plátano cv 'INIVIT PB-2012' producidas *in vitro*, a los 60 días después de iniciar aplicaciones de VIUSID agro® en fase de aclimatización.

Aquellas plantas que no recibieron ninguna fertilización (control absoluto) fueron las de menor grosor del pseudotallo (0,85 cm) y más pequeñas (9,73 cm) con diferencias significativas (P≤ 0,05) respecto al resto de los tratamientos, excepto para la primera variable, que no difirió estadísticamente de la variante donde se realizaron tres aplicaciones de VIUSID agro® a una dosis de 4,0 ml.L^{-1}. El mayor grosor se expresó en los tratamientos correspondientes a la fertilización mineral (1,56 cm) y donde se aplicó el bioestimulante a razón de 2,5 ml.L^{-1} (1,48 cm), los cuales fueron significativamente superiores a todos los tratamientos. En orden descendente le siguieron las variantes donde se aplicó el bioproducto en dosis de 1,5 y 3,5 ml.L^{-1}, sin diferencias estadísticas entre sí.

En cuanto a las variables relacionadas con las hojas, los mejores resultados se obtuvieron en las variantes donde se utilizó el fertilizante químico o tres aplicaciones a una dosis de 2,5 ml.L^{-1} de VIUSID agro®, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos en estudio (Tabla 1).

Resultó significativo un número de hojas superior a cuatro y un área foliar de la hoja desarrollada de 134,17 cm^2 en el primero y de 131,06 cm^2 en el segundo.

Resulta significativo que para todas las variables evaluadas no existieron diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicó el VIUSID agro® a 2,5 ml.L^{-1} y el de la dosis de fertilizante mineral recomendada (2,5 kg.m^{-3}). Los peores valores correspondieron a las hojas plantas del tratamiento control, con la excepción del ancho de ellas que en la variante donde se aplicó la dosis máxima de VIUSID agro® (4,0 ml.L^{-1}) se redujo hasta un promedio de 6,0 cm.

Vale la pena señalar que con las dosis de 3,5 y 4,0 ml.L^{-1} del bioproducto las plántulas se mantuvieron entre las de menor grosor del pseudotallo (1,36 y 0,91 cm) y superaron significativamente (P≤ 0,05) la altura óptima de 12-15 cm aceptada para llevar a campo, respecto al resto de los tratamientos. Las hojas difieren estadísticamente de las otras variantes por sus pecíolos más largos, y son más estrechas sin diferencias con el control

absoluto, con una consiguiente área foliar menor en un 38,9 % que en la variante con 2,5 ml.L^{-1}, y un 40,31 % inferior al resultado que se obtuvo con el fertilizante NPK.

Tabla 1. Efecto del VIUSID agro® sobre el desarrollo foliar en plantas de plátano 'INIVIT PB-2012' producidas *in vitro*, a los 60 días después del trasplante en fase de aclimatización.

Tratamientos	**NHOJ**	**LPEC**	**LHOJD**	**AHOJD**	**AFHOJD**
Control	3,17 d	11,19 d	10,57 d	6,43 c	54,38 d
NPK- 2,5 kg.m^{-3}	4,15 a	16,48 b	18,66 a	8,99 a	134,17 a
V- 1,5 ml.L^{-1}	3,85 b	14,67 c	16,93 b	7,41 b	100,26 b
V- 2,5 ml.L^{-1}	4,12 a	16,00 b	18,47 a	8,87 a	131,06 a
V- 3,5 ml.L^{-1}	3,54 c	17,89 a	15,64 bc	6,84 bc	80,08 c
V- 4,0 ml.L^{-1}	3,44 c	18,44 a	13,12 c	6,00 c	62,98 d
Sx̄	*0,170*	*0,513*	*0,683*	*0,251*	*7,621*

* Letras diferentes en cada columna expresan diferencias (P≤ 0,05) de acuerdo con Prueba de Tukey.
Leyenda: **NHOJ**-número de hojas abiertas, **LPEC**-longitud del pecíolo (cm), **LHOJD**-longitud de la hoja desarrollada (cm), **AHOJD**-ancho de la hoja desarrollada (cm), **AFHOJD**-área foliar de la hoja desarrollada (cm^2).
Tratamientos: **Control**, Control sin aplicaciones; **NPK- 2,5 kg.m^{-3}**, fertilizante mineral fórmula completa a 2,5 kg.m^{-3}; **V- 1,5 ml.L^{-1}**, VIUSID agro® a 1,5 ml.L^{-1}; **V- 2,5 ml.L^{-1}**, VIUSID agro® a 2,5 ml.L^{-1}; **V- 3,5 ml.L^{-1}**, VIUSID agro® a 3,5 ml.L^{-1}; **V- 4,0 ml.L^{-1}**, VIUSID agro® a 4,0 ml L^{-1}.

Un mayor crecimiento de las plantas con dosis más altas (3,5 y 4,0 ml.L^{-1}) de VIUSID agro®, en ausencia de otros factores, está asociado a la riqueza nutricional del bioestimulante, entre ellos: vitaminas, aminoácidos y minerales; un exceso de nutrientes puede acelerar anormalmente algunos procesos metabólicos. Se sabe que los aminoácidos contribuyen a la producción de hormonas del crecimiento que mejoran la división y alargamiento celular (Sadak *et al*., 2015). Ellos pueden reforzar los volúmenes de la clorofila e incrementar la tasa fotosintética que, a su vez, mejora el metabolismo vegetal y la asimilación de proteínas, que son necesarios para la formación celular con una incidencia directa en la altura de la planta (Hammad y Ali, 2014). Shekari y Javanmardi (2017), también identificaron las plantas más altas de brócoli, a consecuencia de una mayor biosíntesis de giberelinas, debido a la aplicación de aminoácidos en su nutrición.
Si bien el instructivo original para uso del VIUSID Agro® recomienda una dosis única de 1 ml por cada litro de solución (Catalysis, 2020), la que se considera baja, la mayoría de los resultados que originaron ese resultado fueron en hortalizas de hojas y otras. La Dra. Kolima Peña (comunicación personal), coordinadora del trabajo con VIUSID agro® en Cuba informó que, según el cultivo, vías de aplicación, frecuencia y necesidades nutricionales, se han utilizado con éxito dosis desde 0,12 hasta 3,91 ml.L^{-1} (0,03 hasta 1,0 L.ha^{-1}); otras dosis pudieran requerirse en determinadas condiciones experimentales. Con el incremento de las investigaciones en un amplio grupo de cultivos con otras exigencias nutricionales, la práctica ha demostrado que deben utilizarse dosis más altas. También se han informado diferente número de aplicaciones cada siete o 15 días, o mediante inmersión, aplicaciones foliares o mediante fertirriego (Peña *et al*., 2017; Abdel-Lattif *et al*., 2018; Galvez *et al*., 2021).
El área foliar, estrechamente vinculada al ancho y longitud de la hoja, mostró los mejores resultados en la variante que usó el fertilizante químico (134,17 cm^2) o en aquella con

tres aplicaciones de VIUSID agro® a una dosis de 2,5 ml.L^{-1} (131,06 cm^2), sin diferencias estadísticas (P≤ 0,05) entre ellas, pero sí con el resto de los tratamientos. Al control (sin aplicaciones ni fertilización) correspondió la menor área con apenas 54,38 cm^2 (poco más del 40 % de lo que representaron las mejores variantes), sin diferencias con la opción que incluyó la mayor dosis del bioestimulante (4,0 ml.L^{-1}) que midió 62,98 cm^2.
El área foliar junto al número de hojas, es una de las variables importantes a considerar en las investigaciones de plantas (Turc *et al*., 2016); esto se debe a su incidencia en la comprensión del proceso de la fotosíntesis, en la intercepción de la luz y el uso del agua y los nutrientes hacia un mejor desarrollo de la planta (Smart, 1974; citado por Singh *et al*., 2018).
De igual manera, en los tratamientos donde se aplicaron las dosis del VIUSID agro® las plántulas desarrollaron raíces abundantes y robustas, un aspecto importante en esa etapa. Aunque no se contabilizaron las raíces ni se midió su longitud, resultó evidente que el control (sin aplicaciones) mostró poco desarrollo de su sistema radicular mientras que en los tratamientos donde se aplicó la mejor dosis de 2,5 ml.L^{-1} del bioestimulante y donde se fertilizó con formula completa NPK, exhibieron un buen sistema radicular (Figura 3).



Leyenda: **Control**, Control sin aplicaciones; **NPK- 2,5 kg.m^{-3}**, fertilizante mineral fórmula completa a 2,5 kg.m^{-3}; **V- 2,5 ml.L^{-1}**, VIUSID agro® a 2,5 ml.L^{-1}
Figura 3. Desarrollo del sistema radicular en plantas de plátano cv. INIVIT PB 2012 con aplicaciones de fertilizante mineral y del bioestimulante VIUSID agro® en aclimatización.

Waman y Bohra (2019) determinaron que durante el período de aclimatización la demanda de agua y fertilizantes es significativa. Por tanto, uno de los aspectos cardinales en esta fase es que las plantas desarrollen un buen sistema radicular porque su nutrición depende de la funcionalidad de las raíces.
Al positivo efecto sobre las variables que definen la calidad de las plántulas, es necesario añadir que la aplicación del fertilizante mineral es más difícil porque lo recomendado es prepararlo mezclándolo con el suelo a utilizar a razón de 2,5-3,0 kg por metro cúbico de sustrato, previo a su utilización (MINAG, 2018). Por tanto, con el VIUSID agro® también se humaniza el trabajo sin afectar el buen desarrollo de las plantas y su vez, se aprovecha su conocido efecto anti-estrés causado por el paso de las condiciones *in vitro* a *ex vitro* de las plántulas. Además, permite la incorporación de un grupo de nutrientes directamente a través de las hojas, una de las vías en que actúan los bioestimulantes (pueden aplicarse directamente al suelo o sobre las hojas) (Kunicki *et al*., 2010), lo que fortalece las plantas para su posterior traslado a condiciones de campo.
En la literatura científica no abundan las referencias sobre los efectos del VIUSID agro® como biostimulante en fase de aclimatización, y menos en el desarrollo de plantas de plátano producidas *in vitro*. Sin embargo, Kosky *et al*. (2019) observaron una respuesta positiva con el uso de este mismo bioproducto durante esa etapa en caña de azúcar, aunque con una dosis sorprendentemente mucho más baja, de solo 0,8 ml.L^{-1}. Mientras

que Galvez *et al*. (2019), con la adición de 2,5 ml.L^{-1} de ese producto implementaron un protocolo eficiente para la bulbificación *in vitro* del ajo, logrando el mayor coeficiente de bulbificación (13,80) en sistemas de inmersión temporal.

Por su parte, Parađiković *et al*. (2017) hallaron que las plantas tratadas con el bioestimulante Radifarm® tenían valores significativamente mayores para los parámetros morfológicos estudiados, entre ellos, la altura de la planta y el número de hojas en begonias trasplantadas.

En general, los efectos fisiológicos de los bioestimulantes ocurren después de su entrada en los tejidos y células de la planta, dónde estos compuestos están envueltos en el metabolismo de la planta, señalización, y en la regulación hormonal de su crecimiento y desarrollo. Ellos promueven el desarrollo de las raíces, aumentan las actividades fotosintéticas y de otros tejidos vegetativos, mejoran el vigor y la uniformidad de las plantas (Parađiković *et al*., 2018).

Se sabe que la aplicación del VIUSID agro®, según recomendaciones del fabricante, pretende principalmente optimizar el metabolismo celular de las plantas para facilitar una mayor asimilación de micro y macronutrientes, para lograr así el óptimo crecimiento de los tejidos vegetales y mayores rendimientos en la cosecha. Se trata de un promotor del crecimiento que actúa como un biorregulador natural, compuesto fundamentalmente por aminoácidos, vitaminas y minerales. Y como aspecto relevante, el hecho de que sus diversos componentes fueron sometidos a un proceso de activación molecular, que resulta en una mayor eficiencia en las reacciones tanto enzimáticas como metabólicas, y por tanto, en un menor consumo energético y un mayor estímulo al desarrollo vegetal (Catalysis, 2020).

Los muchos años de agricultura convencional y sus efectos nocivos al medio ambiente (al suelo, las aguas, al ecosistema) requieren una mirada diferente hacia la producción agropecuaria, que sea sostenible en el tiempo el uso de los recursos naturales, sin dejar de ser productiva. En ese sentido, se necesita una 'nueva revolución verde': se deben producir alimentos más saludables y en mayores cantidades, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente. La industria de los bioestimulantes puede contribuir al éxito de este gran desafío (Drobek *et al*., 2019). Con los nuevos productos que se están generando en todo el mundo es posible mejorar la calidad y la cantidad de la producción agrícola y hacer más eficaz y eficiente el uso de fertilizantes y pesticidas. Con esa perspectiva, el VIUSID agro® reúne los requisitos para constituirse en un bioestimulante prioritario para los sistemas agrícolas sustentables hacia el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible del milenio.

CONCLUSIONES

Se determinó, por primera vez, que con tres aplicaciones (una semanal desde el tercer día del trasplante) de VIUSID agro® a una dosis de 2,5 ml.L^{-1} en fase de aclimatización, es posible obtener resultados óptimos y similares a los de la fertilización mineral en el desarrollo de plántulas de plátano 'INIVIT PB - 2012' producidas *in vitro*.

BIBLIOGRAFÍA

ABDEL-LATTIF, H.M.; R. ABSY and M.M.M. ATTA. 2018. Effect of growth promoter supplement on yield and grain quality of maize (*Zea mays* L). *Egyptian Journal of Agronomy*, 40(2): 165-180.

AZCÓN-BIETO, J. y M. TALÓN. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Segunda Edición. 638 pp.

BEOVIDES, Y.; D. RODRÍGUEZ; K. PEÑA; D. GALVEZ; O. MOLINA; M. D. MILIÁN; A. SANTOS; A. RAYAS; M. BASAIL; D. RODRÍGUEZ; Y. GUTIÉRREZ; J.A. CRUZ; J. LÓPEZ y V. MEDERO. 2017. Efecto del VIUSID agro® en plantas de malanga *Colocasia* 'INIVIT MC-2012' producidas *in vitro* en fase de aclimatización. *Revista Agricultura Tropical*, 3(2): 57-61.

BROWN, A.; R. TUMUHIMBISE; D. AMAH; B. UWIMANA; M. NYINE; H. MDUMA; D. TALENGERA; D. KARAMURA; J. KUBIRIBA and R. SWENNEN. 2017. The genetic improvement of bananas and plantains (*Musa* spp.). In: Campos, H., Caligari, P.D.S. (eds.) *Genetic Improvement of Tropical Crops*, Springer, New York, pp. 219-240.

CATALYSIS. 2020. VIUSID agro®, promotor del crecimiento. Disponible en: https://catalysisagro.es/.

CLAPA, D.; A. FIRA and N. JOSHEE. 2013. An efficient *ex vitro* rooting and acclimatization method for horticultural plants using float hydroculture. *HortScience*, 48(9): 1159-1167.

CRUZ, N.; H. CANCHIGNIA; J. MORANTE; E. NIETO; Y. CRUZ and D. CABRERA. 2016. *In vitro* propagation of the Orito banana cultivar (*Musa acuminata* AA). *Biotecnología Aplicada*, 33(4): 4201-4204.

DA SILVA, I.; T.S. MARTINS; D. MAGALHÃES; A. DIAS; T. MILER; M.A. COELHO. 2021. Optimization of banana plantlets acclimatization by hydroponic cultivation. *Scientia Agricola,* 78 (Suppl.): 1-9.

DROBEK, M.; M. FRĄC and J. CYBULSKA. 2019. Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress-A Review. *Agronomy*, 9(6), 335.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). 2020. Banana market review. Disponible en: http://www.fao.org/3/ca9212en/ca9212en.pdf.

FAOSTAT. 2021. Statistics Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics databases 2019. Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italy. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

GALVEZ, D.; S. J. RODRÍGUEZ; K. DOMÍNGUEZ; A. ROBAINA y A. RUBIO. 2019. VIUSID Agro® en la propagación *in vitro* del ajo (*Allium sativum* L.). *Revista Agricultura Tropical*, 5(1): 34-44.

GALVEZ, D.; S. J. RODRÍGUEZ; K. DOMÍNGUEZ; Y. BEOVIDES; R. GOMEZ; L. POSADA; K. PEÑA; A. ROBAINA; D. DANIELS and B. KUKURTCU. 2021. Impact of the use of VIUSID agro® on the production and post-harvest conservation of garlic (*Allium sativum* L.). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 14(5): 09-12.

GÓMEZ, R.; D. NÚÑEZ; C. REYES; A. BERNAL; M. BERMÚDEZ; P. MACHADO; G. ÁLVAREZ; E. PINEDA; B. KUKURTCU and D. DANIELS. 2019. Effect of VIUSID Agro® and FitoMas-E® on the *ex vitro* acclimatization of sugarcane plants (*Saccharum* spp.) cultivar C90-469. *Sugar Tech*, 22, 42-51.

HAMMAD, S. A. and O. A. ALI. 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. *Annals of Agricultural Science*, 59(1): 133-145.

IBM.SPSS. 2016. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), IBM.SPSS STATISTICAL, Version 23.0. for Windows. [Online] Consultado: 18 de septiembre de 2020. Disponible en: www.ibm.com.

KOWALCZYK, K. and T. ZIELONY. 2008. Effect of Aminoplant and Asahi on yield and quality of lettuce grown on rockwool. In: H. GAWROŃSKA, ed. Biostimulators in modern agriculture. General aspects. Warszawa: Wieś Jutra, 89 p.

KUNICKI, E.; A. GRABOWSKA; A. SĘKARA and R. WOJCIECHOWSKA. 2010. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Horticulturae*, 22: 9-13.

MALABADI, R. B.; S. V. KUMAR; G. S. MULGUND and K. NATARAJA. 2011. Induction of somatic embryogenesis in papaya (*Carica papaya*). *Researcher Biotechnology*, 2(5): 40-55.

MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). 2018. Instructivo Técnico fase de aclimatización de bananos y viandas. Dirección de Agricultura, MINAG, Cuba. 27 p.

OLIVEIRA, A.P.; J.F. SANTOS; L.F. CAVALCANTE; W.E. PEREIRA; M.C.C.A. SANTOS; A.N.P. OLIVEIRA and N.V. SILVA. 2010. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. *Horticultura Brasileira*, 28: 277-281.

PARAĐIKOVIĆ, N.; T. TEKLIĆ; S. ZELJKOVIĆ; M. LISJAK and M. ŠPOLJAREVIĆ. 2018. Biostimulants research in some horticultural plant species. A review. *Food and Energy Security*, 8: e00162.

PARAĐIKOVIĆ, N.; S. ZELJKOVIĆ; M. TKALEC; T. VINKOVIĆ; I. MAKSIMOVIĆ and J. HARAMIJA. 2017. Influence of biostimulant application on growth, nutrient status and proline concentration of begonia transplants. *Biological Agriculture & Horticulture*, 33(2): 89-96.

PEÑA, K.; J. C. RODRÍGUEZ y J. F. MELÉNDREZ. 2015. Efecto de un promotor del crecimiento activado molecularmente sobre la germinación y la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Infociencia,* 19(3): 1-12.

PEÑA, K.; J. C. RODRÍGUEZ; D. OLIVERA; J. F. MELÉNDREZ; L. RODRÍGUEZ, R. GARCÍA AND L. RODRÍGUEZ. 2017. Effects of a growth promoter on different vegetable crops. *International Journal of Development Research*, 7(2): 11737-11743.

PEÑA, K.; J. C. RODRÍGUEZ y J. F. MELÉNDREZ. 2016. El VIUSID Agro® una alternativa en el incremento de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)", *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Consultado: 2 de diciembre de 2020. Disponible en: http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/05/viusid.html.

QUINTANA, M.; Y. GALDO; T. CANCIO y V. MÉNDEZ. 2015. Efecto del estimulante natural VIUSID Agro® en la producción de biomasa forrajera de Brachiaria híbrido cv. mulato II. *Agrotecnia de Cuba,* 39(5): 15-22.

SADAK, M. S. H.; M. T. ABDELHAMID and U. SCHMIDHALTER. 2015. Effect of foliar application of amino acids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. *Acta Biológica Colombiana*, 20: 141-152.

SHEKARI, G. and J. JAVANMARDI. 2017. Effects of foliar application pure amino acid and amino acid containing fertilizer on broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) transplant. *Advances in Crop Sciences and Technology*, 5(3): 1-4.

SINGH, M. C.; K. G. SINGH and J. P. SINGH. 2018. Indirect method for measurement of leaf area and leaf area index of soilless cucumber crop. *Advances in Plants Agriculture Research*, 8(2): 188-191.

TELES, R.; R. CARDOSO; M. A. MOREIRA; R. U. BENTO; R. C. DIAS; S. J. SILVA and A. PELÁ. 2016. Foliar application of urea and bell pepper amino acids. *African Journal of Agricultural Research*, 11(19): 1674-1678.

TIWARI, I. L. A.; M. VERMA; S. GUPTA and S. DEVI. 2019. Impact of technology adoption on production and productivity of banana. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8: 2032-2034.

TURC, O.; M. BOUTEILL; A. FUAD-HASSAN; C. WELCKER and F. TARDIEU. 2016. The growth of vegetative and reproductive structures (leaves and silks) respond similarly to hydraulic cues in maize. *New Phytology*, 212: 377-388.

WAMAN, A. A. and P. BOHRA. 2019. Factors governing success in shoot tip culture of bananas with special reference to mixed genomic groups: an overview. *Erwerbs-Obstbau*, 61: 9-21.