

Respuesta del banano clon Valery en alta densidad a la inoculación con micorrizas y fósforo en Apartadó - Colombia

Response of Valery clone banana in high density to inoculation with mycorrhizae and phosphorus in Apartado - Colombia

Miguel Ángel Bernal-Monterrosa^{1*} ; Eliecer Miguel Cabrales-Herrera¹ 

¹Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación Agricultura sostenible. Montería - Córdoba, Colombia; e-mail: mbernalmonterrosa31@correo.unicordoba.edu.co; ecabralesh@correo.unicordoba.edu.co

*autor de correspondencia: mbernalmonterrosa31@correo.unicordoba.edu.co

Cómo citar: Bernal-Monterrosa, M.Á.; Cabrales-Herrera, E.M. 2022. Respuesta del banano clon Valery en alta densidad a la inoculación con micorrizas y fósforo en Apartadó - Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(2):e1659. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1659>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: julio 28 de 2020

Aceptado: junio 30 de 2022

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

El cultivo de banano en el Urabá Antioqueño viene presentando disminución en los rendimientos, lo que exige la búsqueda de alternativas para incrementar o mantener la producción actual, entre las cuales, se encuentra el aumento en la proporción de fertilizantes inorgánicos, conllevando a sobrecostos y problemas ambientales. En vista de esta situación, se ha generado un interés por el uso de biofertilizantes, como el caso de las micorrizas (HFM), con las que se han demostrado beneficios al sistema suelo-planta. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los HFM con la disminución de la dosis fosforada en el clon de banano Valery, en un sistema de alta densidad, bajo condiciones edafoclimáticas de Apartadó-Antioquia. Para ello, en los tratamientos, al momento de la siembra, se realizaron inoculaciones de 100 g de HFM comercial con 5 dosis de fósforo, que correspondieron a: 0, 25, 50, 75 y 100 kg*ha⁻¹. Se midieron variables morfológicas, rendimiento y simbiosis micorrízica. El diseño experimental fue completamente al azar, con 3 repeticiones; cada unidad experimental estuvo constituida por 10 plantas contenidas en 5 sitios. La información se procesó con el programa estadístico SAS 9.1, se obtuvo el análisis de varianza y una prueba de comparación de medias (Tukey), con un nivel de significancia del 95 %. No se encontraron diferencias significativas en las variables morfológicas, pero sí en las variables

productivas, siendo el tratamiento HFM + 50 kg P₂O₅*ha⁻¹ el de mejor resultado y, además, presentó el mayor porcentaje de colonización micorrízica, con 59,5 %.

Palabras clave: Fertilización fosforada; Prácticas de producción sostenible; Productividad de banano; Micorrizas; *Musa acuminata*.

ABSTRACT

The banana crop in Uraba Antioqueño has been presenting a decrease in the yields, which requires the search for alternatives to increase or maintain current production, among which is the increase in the proportion of inorganic fertilizers leading to cost overruns and environmental problems. In view of this situation, there has been a growing interest in the use of biofertilizers such as mycorrhiza (HFM) with which multiple benefits to the soil-plant system have been demonstrated. The objective of this research was to evaluate the effect of HFM with the reduction of phosphorus dose in the Valery banana clone under a high-density system under edaphoclimatic conditions of Apartado-Antioquia. For this purpose, 100 g of commercial HFM were inoculated with 5 doses of phosphorus at time of sowing, corresponding to: 0, 25, 50, 75 and 100 kg*ha⁻¹. Morphological variables, performance and mycorrhizal symbiosis were measured. The experimental design

was completely random with 3 repetitions, each experimental unit was made up of 10 plants contained in 5 sites. The information was processed with the statistical program SAS 9.1, variance analysis was obtained and a mean comparison test (Tukey) with a significance level of 95 %. No significant differences were found in the morphological variables, but in the productive variables, the HFM + 50 Kg P₂O₅*ha⁻¹ treatment was the best and also presented the highest percentage of mycorrhizal colonization with 59.5 %.

Keywords: Banana productivity; *Musa acuminata*; Mycorrhizae; Phosphorous fertilization; Sustainable production practices.

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países con mayor producción de banano para exportación, en el cual, el Urabá Antioqueño es un gran participante en su producción y exportación, generando empleos directos e indirectos, con un rol fundamental en los ingresos de este sector, donde todas las actividades económicas y socio-culturales giran en torno al negocio del banano (Espinal G. *et al.* 2005).

Este sector ha venido presentando disminución en los rendimientos del cultivo de una forma generalizada, por lo cual, se han buscado múltiples alternativas, que favorezcan a aumentar o mantener la producción actual (Bernal Monterrosa & Cabrales Herrera, 2022); entre estas, se encuentra el incremento del uso de los fertilizantes inorgánicos, lo que conlleva, por un lado, al incremento de los costos de producción, favoreciendo la insostenibilidad del sistema productivo y, por otro, hace aportes a la contaminación de suelos, aguas subterráneas y el deterioro del sistema productivo (Garzón, 2016).

Por el criterio de esencialidad (Taiz & Zeiger, 2006), los fertilizantes más utilizados son a base de N-P-K, pero estas aplicaciones, sin criterio técnico, traen consigo efectos perjudiciales al medio ambiente (Garzón, 2016), por lo cual, es necesario buscar alternativas que minimicen el acelerado proceso de contaminación, que se está presentando (Arias Hoyos, 2010) y que, a su vez, ha generado un creciente interés por el uso racional de fertilizantes inorgánicos e implementación de un complemento nutricional con “fertilización ecológica” (Carrillo Aguilar *et al.* 2021; Sepúlveda Vargas, 2020), basada en el uso de microorganismos beneficiosos, como los hongos formadores de micorrizas (HFM) (Barrera Berdugo, 2009).

Las micorrizas son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80 % de las plantas terrestres (Brundrett & Tedersoo, 2018; Selosse, 2019). En esta asociación, la planta le proporciona al hongo carbohidratos (azúcares, producto de su fotosíntesis) y un microhábitat para completar su ciclo de vida (Vierheilig, 2004); mientras que el hongo, por su parte, le permite a la planta una mejor captación de agua y nutrientes minerales, en especial, los de baja movilidad en el suelo, como el fósforo, el cobre y el zinc (Camargo Ricalde *et al.* 2012), así como defensas contra patógenos (Bharadwaja *et al.* 2008).

El fósforo es un nutrimento que tiene una baja movilidad y es absorbido entre un 90-92 % por difusión (Microfertisa, 2016); es muy susceptible a formar compuestos insolubles con el aluminio Al, el hierro Fe en pH ácido y con el calcio Ca, en pH alcalinos y puede ser atrapado o “fijado” por las arcillas del suelo, por lo que se hace necesario buscar un mecanismo capaz de mejorar la capacidad efectiva del sistema de raíces para interceptar a este elemento rápidamente, cuando se encuentra en forma disponible. Para este caso, los HFM tienen como particularidad, aumentar la superficie de absorción de la raíz, por medio del sistema de hifas extrarradicales, efectuado por la extensión del micelio externo, alcanzando mayor distancia que los pelos radicales (López & Espinoza, 1995).

Adicionalmente, diversos estudios demuestran la importancia de la simbiosis micorrízica en las plantas expresada en múltiples beneficios (Camargo Ricalde *et al.* 2012; Cano, 2011; Guadarrama Chávez *et al.* 2004), caso que no es ajeno al cultivo de banano (Jaizme-Vega *et al.* 2002).

De acuerdo con lo mencionado, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de fósforo en plantas de banano clon Valery, en un sistema de alta densidad, previamente inoculadas con HFM, en condiciones edafoclimáticas de la finca El Antojo, ubicada en el municipio de Apartadó, Antioquia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y época de estudio. La investigación, se desarrolló en condiciones de campo durante un año (52 semanas), iniciando en septiembre del 2018 hasta septiembre de 2019, en el lote 25 de la Finca “El Antojo”, ubicada en Apartadó, Antioquia, con coordenadas geográficas 7°40'22" N & 2°31'38" W. Esta zona pertenece a la zona centro de la región de Urabá, con características de “Clima cálido húmedo”, según escala de Holdridge (IDEAM, 2018; IGAC, 2007).

Características fisicoquímicas de suelo. El análisis de suelos, se hizo con base a los métodos analíticos utilizados en la Universidad de Córdoba (IGAC, 2006).

Inoculación con HFM. La inoculación, se realizó en el trasplante y en el sitio de siembra, se colocó 100 g de micorriza (Micorrizar). Este producto contiene entre 60 y 80 esporas/g de sustrato, siendo dominantes los géneros *Acaullospora*, *Glomus*, *Entrophospora* y *Scutellospora*. El material fue elaborado y cedido por la Granja Ecológica El Encanto, ubicada en Guateque, Córdoba, donde es obtenido de forma artesanal y está en procesos de evaluación, para obtención de registro ICA.

Medición de variables morfológicas. La altura de planta APLA, se midió con una cinta métrica, desde la base del pseudotallo hasta la bifurcación en V de las últimas hojas. Para la circunferencia de pseudotallo CPSE, se midió la base de la planta al ras del suelo. Ambas mediciones, se tomaron bisemanalmente hasta la aparición del racimo y los datos se expresaron en cm. Para la emisión foliar

EFOL, se contaron las hojas presentes desde la hoja emitida hacia abajo y se expresó en hojas/planta.

Medición de variables de rendimiento. Se tomaron a los 180 días después de la siembra DDS, en el cual, se midió número de manos NMAN y dedos NDED, contando el número de manos y dedos del racimo; se expresaron en manos/racimo y dedos/racimo. Las dimensiones del dedo DDED, en cuanto a largo LAR, se realizó con cinta métrica, expresado en pulgadas y grosor con la vitola, expresado en líneas (1 línea = 1 pulgada/32 = 0,79 mm); en la segunda mano basal CAL 2DA y la primera mano apical CAL ULT. El peso neto del racimo WRAC se tomó con una báscula electrónica ID3000, expresado en kg/planta.

Medición de simbiosis micorrízica

Grado de colonización GCOL. Se hizo mediante la técnica Phillips, utilizada por Pérez & Vertel (2010); para el cálculo, se empleó la ecuación 1:

$$GCOL = \frac{\text{interceptos positivos}}{\text{interceptos totales}} * 100 \% \quad \text{ecuación 1}$$

Número de vesículas NVES y número de arbusculos NARB. Se contaron las vesículas y arbusculos encontrados en los interceptos positivos en la lectura de la colonización y se expresaron como unidades de vesículas o arbusculos/placa.

Procesamiento de datos y diseño experimental. Bajo condiciones edafoclimáticas del Urabá-Antioquia, en banano, se recomiendan dosis que oscilan entre 72,8 y 83,1 kg*ha⁻¹ de P₂O₅ año (Microfertisa, 2016); por tal motivo, se establecieron dosis decrecientes, a partir de 100 kg*ha⁻¹ de P₂O₅. El ensayo, se hizo en un diseño completamente al azar (DCA), se evaluaron inoculaciones de HFM y cinco dosis de fósforo (T1= 0, T2= 25, T3= 50, T4= 75 y T5= 100 kg*ha⁻¹ de P₂O₅), con 3 repeticiones; cada unidad experimental, la conformaron 10 plantas, contenidas en 5 sitios, para un total de 150 plantas. La información, se procesó con el programa estadístico SAS 9.1, se obtuvo el análisis de varianza (ANAVA) y una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey), con un nivel de significancia de 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características fisicoquímicas del suelo. El sitio corresponde a la Unidad de suelos N°418 y, taxonómicamente, se caracteriza como Consociación Fluvaquentic Endoaquepts, familia fina, mezclada, superactiva, no ácida, fase drenada (IGAC, 2007). Son de textura franca-arcillo-limosa, con drenaje interno moderado y externo bueno, nivel freático profundo (más de 80 cm), sin limitantes físicas, para el desarrollo del cultivo. Actividad biológica moderada al momento del muestreo de suelo, con diversidad de cobertura vegetal, donde las arvenses rastreras y de bajo porte son dominantes. Los resultados del análisis físico-químico del lote de ensayo (lote 25 de la finca El Antojo), se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del suelo en lote 25 de la finca antojo. Apartadó, Antioquia, 2019.

Propiedades	Valores	Unidades
Arcilla	36	%
Arena	18	%
Limo	46	%
Textura	Franco Arcillo Limoso	---
pH	5,38	01:01
MO	2,52	%
S	23,18	mg* Kg ⁻¹
P	56,58	
Ca	15,29	cmol*Kg ⁻¹
Mg	8,57	cmol*Kg ⁻¹
K	2,79	cmol*Kg ⁻¹
Na	0,20	cmol*Kg ⁻¹
Al+H	0,40	cmol*Kg ⁻¹
CICe	27,25	cmol*Kg ⁻¹
Fe	78,25	mg* Kg ⁻¹
Mn	52,63	mg* Kg ⁻¹
Cu	5,43	mg* Kg ⁻¹
Zn	7,52	mg* Kg ⁻¹
B	0,79	mg* Kg ⁻¹

Variables morfológicas

APLA: Osciló entre 256 y 269,3 cm para los tratamientos uno y dos, el cual, se alcanzó a los 180 DDS, cifras que están dentro de los rangos de altura que se reportan para la variedad Valery (Sánchez Torres & Mira Castillo, 2013); a lo largo del periodo del ensayo, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos

evaluados ($p > 0,05$) (Tabla 2); no obstante, Vivas-Cedeño *et al.* (2018), evaluando dosis de HFM, correspondiente al 15, 25 y 35 % del peso del cormo con diferentes sustratos, encontraron que las dosis de 25 y 35 % de HFM, en el sustrato con humus, presentaron las respuestas más altas en el porcentaje de altura de planta, siendo las morfoespecies identificadas en el análisis de suelo, pertenecientes al género *Glomus* y *Acaulospora*.

Tabla 2. Cuadrados medios de los parámetros morfológicos del banano clon Valery en alta densidad a los 180 DDS (final del ciclo vegetativo) inoculado con micorrizas y cinco dosis de P_2O_5 en condiciones edafoclimáticas de la finca Antojo. Apartadó-Antioquia, 2019.

Fuente de Variación	Gl	Cuadrado medio de los componentes		
		APLA	CPSE	EFOL
TTO	4	85,73 NS	9,79 NS	2,83 NS
Error	10	595,60	31,91	1,60
Total	14			
CV (%)		9,27	8,28	4,99
R ²		0,05	0,10	0,41

APLA= altura de planta, CPSE = circunferencia del pseudotallo; EFOL = emisión foliar, Gl= grados de libertad, CV= coeficiente de variación, R²= R cuadrado. NS, * y **: no significativo, significativo ($p \leq 0,05$) y altamente significativo ($p \leq 0,01$) respectivamente.

CPSE: Este valor osciló entre 65,8 y 70,5 cm para los tratamientos uno y cinco, que se alcanzó a los 180 DDS, cifras que están entre los rangos que se reportan para este tipo de banano (Martínez Acosta & Cayón Salinas, 2011); a lo largo del periodo vegetativo, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, como tampoco en las interacciones ($p > 0,05$) (Tabla 2). Estos resultados son similares a los obtenidos por Barrera-Violeth *et al.* (2012), quienes no encontraron diferencias estadísticamente significativas frente al control; sin embargo, Ruiz Martínez *et al.* (2016) reportan respuestas positivas en este parámetro, al fertilizar con NPK, plantas de banano inoculadas con micorrizas. Resultados similares son reportados por Vivas-Cedeño *et al.* (2018), quienes indican que el uso de HFM presentó influencia en la variable morfológica diámetro de pseudotallo, mostrando diferencias significativas entre tratamientos.

EFOL: El número de hojas emitidas osciló entre 24 y 26,7 unidades/planta para los tratamientos dos y cuatro, que se alcanzó a los 180 DDS, cifras que están dentro de los rangos que se reportan para el banano tipo Valery (Martínez Acosta & Cayón Salinas, 2011). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos e interacciones evaluadas ($p > 0,05$) (Tabla 2). Resultados similares son reportados por Barrera-Violeth *et al.* (2012), quienes realizando evaluaciones de HFM nativas, en el área foliar de plátano Hartón (*Musa* AAB Simmonds), en fase de vivero, no encontraron diferencias estadísticamente significativas frente al control; sin embargo, Vivas-Cedeño *et al.* (2018), utilizando dosis de HFM correspondiente al 15, 25 y 35 % del peso del cormo con diferentes sustratos, encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo las dosis de 25 y 35 % de HFM, en el sustrato con humus, las que presentaron mejores respuestas en número de hojas y área foliar.

La ausencia de diferencias entre las variables morfológicas medidas a los 180 DDS, se atribuye a que el fósforo se requiere en altas concentraciones en las regiones de crecimiento activo (Soto, 2008); por esta razón, es influyente en los primeros meses de edad de la planta de banano, por lo que es normal no encontrar diferencias significativas en el periodo de tiempo evaluado, que corresponde al final del ciclo vegetativo (López & Espinoza, 1995). Esto indica que, en las variables morfológicas, bajo las condiciones edafoclimáticas del lugar de estudio, no es necesaria la aplicación de fósforo al suelo, cuando se aplican micorrizas adaptadas a la zona.

Variables de rendimiento

NMAN. El mayor número de manos lo presentó el tratamiento cinco, con 6,0 unidades/racimo; no presentó diferencia significativa con los tratamientos dos, tres y cuatro, pero sí con el testigo ($p < 0,05$) (Tabla 3). Estos resultados son similares a los reportados por Ruiz Martínez *et al.* (2016), quienes encontraron mejores respuestas cuando micorrizaron e implementaron planes de fertilización fosfórica. Aunque el número de manos/racimo está dentro de los estándares de la zona bananera de Urabá antioqueño, no superan la cantidad 8,3 a 8,76 manos/racimo, obtenidas por Navaneethakrishnan *et al.* (2013), en zonas bananeras de la India.

NDED. El mayor número de dedos lo presentó el tratamiento cinco, con 84,6 unidades/racimo y no presentó diferencias significativas con los tratamientos dos, tres y cuatro, pero sí con el testigo ($p < 0,05$) (Tabla 3). Estos resultados son inferiores a los 118 y 195 dedos/racimo reportados por Alves da Silva & Vilela Rodrigues (2013), quienes también encontraron diferencias estadísticas en este parámetro.

DDED. La CAL 2DA estuvo entre 11,4 y 12,6 líneas, para los tratamientos cinco y tres, respectivamente; CAL ULT, entre 9,0

Tabla 3. Cuadrados medios de los componentes del rendimiento del banano clon Valery en alta densidad inoculados con micorrizas y con diferentes dosis de P_2O_5 en condiciones edafoclimáticas de la finca Antojó. Apartadó-Antioquia, 2019.

Fuente de Variación	Gl	Cuadrado medio de los componentes					
		NMAN	NDED	LAR	CAL ULT	CAL 2DA	WRAC
TTO	4	0,29**	109,40**	0,08*	0,07 NS	0,59 NS	9,66**
Error	10	0,02	11,36	0,02	0,28	0,23	0,51
Total	14						
CV (%)		2,78	3,90	1,90	5,81	4,04	4,89
R ²		0,81	0,84	0,59	0,10	0,50	0,88

NMAN = número de manos/racimo; NDED = número de dedos/racimo; LAR = largo del dedo de la última mano; CAL UTL, CAL 2DA = grosor del dedo de la última y segunda mano; WRAC = peso del racimo/planta. Gl= grados de libertad, CV= coeficiente de variación, R²= R cuadrado. NS, * y **: no significativo, significativo ($p \leq 0,05$) y altamente significativo ($p \leq 0,01$) respectivamente.

y 9,4 líneas, para los tratamientos cuatro y uno; LAR, en mano apical, entre 7,9 y 8,3 pulgadas, para los tratamientos cinco y cuatro, respectivamente. De estos parámetros, solo el largo presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$) (Tabla 3). Los valores encontrados están por encima de las publicaciones reportadas por Al-Harathi & Al-Yahyai, (2009), quienes encontraron un largo de 2,28 m.

WRAC. Se encontró entre 12,2 y 16,6 kg, para los tratamientos uno y cuatro, respectivamente, presentando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) (Tabla 3), siendo dosis comprendidas entre 50 y 75 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, las de mejor respuesta, con pesos de 16,2 y 16,6 kg, correspondientemente. Estos valores son inferiores a los reportados por Ruiz Martínez *et al.* (2016), quienes realizando

inoculación con HFM y aplicaciones entre 25 y 100 g de $P_2O_5 \cdot planta^{-1}$, no encontraron diferencias estadísticas entre el peso del racimo con respecto a los tratamientos, pero sí con el testigo ($p < 0,05$), con un peso máximo de 20,2 kg.

Se debe resaltar que existe una correlación alta positiva entre número de manos, dedos y peso neto de la fruta. Los pesos con respecto a los aumentos de las dosis de P_2O_5 , presentan un comportamiento de función cuadrática (Figura 1). Este resultado es explicado por Shizi *et al.* (2011), quien indica que el efecto del aumento de las dosis en el rendimiento presenta una relación directamente proporcional, hasta un punto de inflexión, donde se genera una sobredosis, conllevando a la disminución de la tasa de utilización

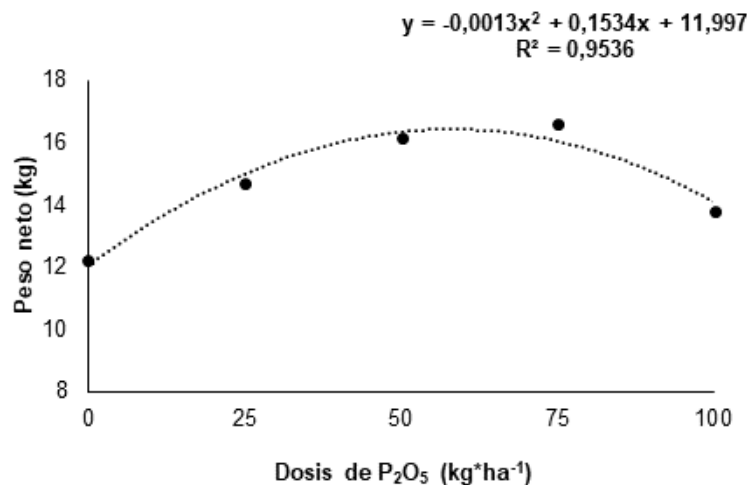


Figura 1. Peso neto de racimo de banano clon Valery en alta densidad inoculado con micorrizas en función de diferentes dosis de P_2O_5 , bajo condiciones edafoclimáticas de la finca Antojó. Apartadó-Antioquia, 2019.

del mismo, afectando, consecutivamente, de una forma negativa el rendimiento.

Estos resultados reflejan la importancia del fósforo en los componentes del rendimiento; la ausencia de este elemento, conlleva a una baja productividad del cultivo de banano, cuya cantidad a aplicar se puede reducir en presencia de micorrizas, bajo las condiciones del estudio.

Simbiosis micorrízica

GCOL. Los porcentajes de colonización se encontraron entre 50,2 y 59,5 %, para los tratamientos dos y tres (Figura 2), sin diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$); estos resultados son inferiores y contrastantes respecto a los reportados por Vivas-Cedeño *et al.* (2018), quienes utilizando diferentes dosis de HFM y sustratos, encontraron diferencias significativas, siendo el sustrato con humus,

el que presentó la mayor tasa de colonización de micorrizas en las raíces, con porcentajes cercanos al 80 %. Asimismo, en el cultivo de plátano, Barrera-Violeth *et al.* (2012) indican que la combinación de los géneros *Glomus*, *Acaulospora* y *Scutellospora* pueden colonizar las raíces, hasta en 91 %.

Se encontró mediana a baja correlación (54,1%), entre el GCOL y WRAC de banano (Figura 3); este resultado se atribuye a la formación de Adenosín trifosfato (ATP) en la planta, lo cual, puede ser explicado, en virtud de que, en todos los casos (con y sin

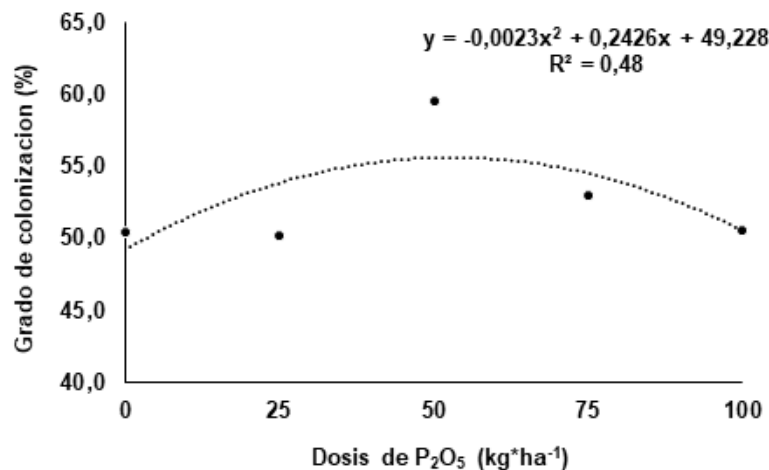


Figura 2. Grado de colonización en raíces de banano clon Valery en alta densidad inoculado con micorrizas en función de diferentes dosis de P₂O₅, en condiciones edafoclimáticas de la finca Antojó. Apartadó-Antioquia, 2019.

aplicación de fósforo), los HFM efectuaron una acción mediante simbiosis micorrízica, logrando interceptar el fósforo asimilable, mediante las hifas, favoreciendo el transporte - almacenamiento en las vesículas y posterior transformación - consumo por la planta.

El ATP, al catalogarse como transportador de energía y encontrar una relación fuente-sumidero, donde el sumidero final es el racimo racimo, genera un transporte de fotoasimilados, influyendo en las diferencias significativas del peso neto de la fruta y demás variables relacionadas (López & Espinoza, 1995).

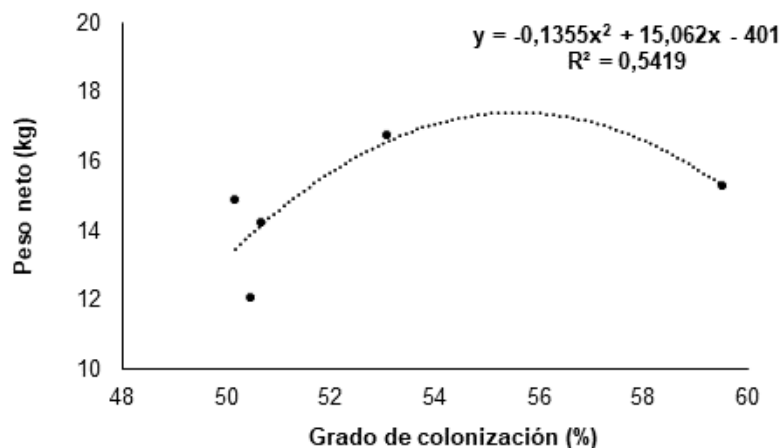


Figura 3. Correlación entre grado de colonización y peso neto de racimos de banano clon Valery en alta densidad inoculado con micorrizas, en condiciones edafoclimáticas de la finca Antojó. Apartadó-Antioquia, 2019.

NVES y NARB. Los valores promedio de vesículas se encontraron entre 0,7 a 4,3 unidades/placa y no se presentaron diferencias estadísticas, donde el mayor número se obtuvo con el tratamiento cuatro, resultado similar al reportado por Castellanos González

et al. (2018). En cuanto a las estructuras arbusculares, no se identificaron al momento de realizar la evaluación; esto se puede deber a que su tiempo de duración caducó, ya que presentan periodo de vida corto (Pérez & Vertel, 2010). Alarcón & Ferrera

Cerrato (2000) señalan que estas estructuras tienen un periodo de vida de, aproximadamente, dos semanas.

Di Barbaro *et al.* (2017) evaluando HFM nativos en topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) y resaltaron que la frecuencia de aparición de arbuscúlos y de vesículas fue entre 21 y 34 %, destacando que los resultados estuvieron influenciados por las condiciones generadas edáficamente y a la micotroficidad de la planta.

Jaizme-Vega *et al.* (2002) manifiestan que el cultivo presenta gran capacidad para beneficiarse de la simbiosis micorrízica, desde las primeras fases de desarrollo, perdurando su efecto después de su trasplante a campo. Las mejoras en la nutrición y el crecimiento del cultivo, indican el potencial uso de estos hongos, como biofertilizante (Bernal Monterrosa *et al.* 2021), generando, adicionalmente, un segundo enfoque, que permite afirmar la viabilidad de los HFM, como estrategia de control biológico frente a diferentes patógenos de raíz (Naranjo *et al.* 2022).

De acuerdo con los resultados encontrados en este estudio, se identifica que la inoculación con HFM y la fertilización fosfórica no influyeron en los componentes morfológicos de la planta de banano clon Valery, pero sí en algunos parámetros de producción, como son número de manos, número de dedos, largo del dedo y peso del racimo.

En presencia de micorrizas, bajo las condiciones del ensayo, se recomienda aplicar 50 kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, garantizando buenos rendimientos, lo que implica que las aplicaciones de P_2O_5 se pueden reducir en un 31-40 %, manteniendo estabilidad en el peso de racimo, factor importante, a tener en cuenta, para los planes de fertilización.

El uso de micorrizas en el cultivo de banano clon Valery es una herramienta ecológica, que permite mantener la productividad y disminuir, no solo los costos de producción, sino que, también, hacer uso racional de fertilizantes fosforados y mitigar directamente la contaminación ambiental.

Agradecimientos. A la Corporación Nueva Ilusión, CORPONUI, por el aporte parcial a este ensayo; al Grupo Ucrania, por la disposición para llevar a cabo el proyecto con recurso personal e infraestructura y a la Universidad de Córdoba, por el aporte de los análisis de laboratorio. **Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados encontrados.

REFERENCIAS

- ALARCÓN, A.; FERRERA CERRATO, R. 2000. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Ediciones Mundi-Prensa (México, D.F.). 260p.
- AL-HARTHI, K.; AL-YAHYAI, R. 2009. Effect of NPK fertilizer on growth and yield of banana in Northern Oman. *Journal of Horticulture and Forestry*. 1(8):160-167.
- ALVES DA SILVA, J.T.; VILELA RODRIGUES, M.G. 2013. Produção da bananeira 'Prata Anã' em função da aplicação de adubo fosfatado, em quatro ciclos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 48(6):613-618.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000600006>
- ARIAS HOYOS, A. 2010. Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de Ciencia e Ingeniería*. 2(2):42-45.
<https://doi.org/10.46571/JCI.2010.2.7>
- BARRERA BERDUGO, S. 2009. El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biotecnología en el Sector Agropecuario Y Agroindustrial*. 7(1):123-132.
- BARRERA-VIOLETH, J.L.; OVIEDO-ZUMAQUE, L.E.; BARRAZA-ÁLVAREZ, F.V. 2012. Evaluation of native mycorrhizae in plantain crop (*Musa* AAB Simmonds) in nursery phase. *Acta Agronómica*. 61(4):286-295.
- BERNAL MONTERROSA, M.Á.; CABRALES HERRERA, E.M. 2022. Microorganismos y regulación de la fertilización fosfórica en banano: Uso de microorganismos eficientes y micorrizas en la fertilización fosfórica del cultivo de banano en alta densidad. *Editorial Académica Española*. 156p.
- BERNAL MONTERROSA, M.Á.; FONSECA MERCADO, F.F.; HENAO ORTIZ, A.; MEZA COGOLLO, J.R.; OCHOA SALAS, A.S. 2021. Evaluación de diferentes fuentes de micorrizas en plantas de banano en fase de vivero. *Revista Temas Agrarios*. 26(1).
- BHARADWAJ, D.P.; LUNDQUIST, P.-O.; ALSTRÖMA, S. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal spore-associated bacteria affect mycorrhizal colonization, plant growth and potato pathogens. *Soil Biology and Biochemistry*. 40(10):2494-2501.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.06.012>
- BRUNDRETT, M.C.; TEDERSOO, L. 2018. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*. 220(4):1108-1115.
<https://doi.org/10.1111/nph.14976>
- CAMARGO RICALDE, S.L.; MONTAÑO, M.N.; DE LA ROSA MERA, C.J.; MONTAÑO ARIAS, S.A. 2012. Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Revista digital universitaria*. 13(7):3-19.
- CANO, M.A. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* ssp. y *Pseudomonas* ssp. Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 14(2):15-31.
<https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.771>

13. CARRILLO AGUILAR, D.G.; HERNÁNDEZ ORTEGA, H.A.; FRANCO RAMÍREZ, A.; VALLEJO JIMÉNEZ, B.; GUZMÁN GONZÁLEZ, S.; MANZO SÁNCHEZ, G.; SÁNCHEZ RANGEL, J.C. 2021. Influencia de las propiedades edáficas en la abundancia de esporas y colonización de hongos micorrízicos arbusculares en banano en dos temporadas del año. *Scientia fungorum*. 51:e1306. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1306>
14. CASTELLANOS GONZÁLEZ, L.; FORERO CUADROS, J.; RODRÍGUEZ RINCÓN, F.; SÁNCHEZ MONTANO, L.R. 2018. Gramíneas nativas en suelos desnudos al borde de una carretera y su simbiosis con micorrizas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 21(1):253-257. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.684>
15. DI BARBARO, G.; ANDRADA, H.; GONZÁLEZ BASSO, V.; ALURRALDE, A.L.; DEL VALLE, E.; BRANDÁN DE WEHT, C. 2017. Micorrizas arbusculares y hongos septados oscuros nativos en topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) en Catamarca, Argentina. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 34(2):98-106. <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.75>
16. ESPINAL G., C.F.; MARTÍNEZ COVALEDA, H.J.; PEÑA MARÍN, Y. 2005. La cadena del banano en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- MADR; Observatorio Agrocardenas Colombia. 51p.
17. GARZÓN, L.P. 2016. Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia colombiana. *Revista Luna Azul*. 42:217-234. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.14>
18. GUADARRAMA CHÁVEZ, P.; SÁNCHEZ GALLÉN, I.; ÁLVAREZ SÁNCHEZ, J.; RAMOS ZAPATA, J. 2004. Hongos y plantas: beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. *Ciencias*. 73:38-45.
19. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. 2018. Promedios climatológicos. Disponible desde Internet en: www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima (con acceso el 11/10/2019).
20. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC. 2006. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. 6ta edición. 648p.
21. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC. 2007. Estudio semidetallado de suelos de las áreas potencialmente agrícolas. Urabá Departamento de Antioquia. 490p.
22. JAIZME-VEGA, M.C.; ESQUIVEL DELAMO, M.; TENOURY DOMINGUEZ, P.; RODRÍGUEZ ROMERO, A.S. 2002. Effets de la mycorrhization sur le développement de deux cultivars de bananier issus de la micropropagation. *Infomusa*. 11(1):25-28.
23. LÓPEZ, M.; ESPINOZA, M. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano: Una visión practica del manejo de la fertilización. Corporación Bananera Nacional-CORBANA; International Plant Nutrition Institute-IPNI. 86p.
24. MARTÍNEZ ACOSTA, A.M.; CAYON SALINAS, D.G. 2011. Dinámica del crecimiento y desarrollo del banano (*Musa* AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*. 64(2):6055-6064.
25. MICROFERTISA. 2016. Manual técnico de fertilización de cultivos. Microfertisa (Bogotá, Colombia).
26. NARANJO, J.; MORA-GONZÁLEZ, A.; OVIEDO-ANCHUNDIA, R.; NARANJO-TORRES, H.; FLORES-CEDEÑO, J.; BARCOS-ARIAS, M. 2022. Estudio preliminar de micorrizas arbusculares presente en *Phytelephas aequatorialis* localizado en tres agroecosistemas costeros. *Revista Ciencia UNEMI*. 15(39):65-75. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol15iss39.2022pp65-75p>
27. NAVANEETHAKRISHNAN, K.S.; GILL, M.I.S.; RAMESH KUMAR, S. 2013. Effect of different levels of N and P on ratoon banana (*Musa* spp. AAA). *Journal of Horticulture and Forestry*. 5(6):81-91.
28. PÉREZ, A.; VERTEL, M. 2010. Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. *Revista MVZ Córdoba*. 15(3):2165-2174. <https://doi.org/10.21897/rmvz.303>
29. RUIZ MARTÍNEZ, L.; ARMARIO ARAGÓN, D.; RIVERA ESPINOSA, R.; ESPINOSA CUÉLLAR, A.; SIMÓ GARCÍA, J.; ESPINOSA CUÉLLAR, E. 2016. Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano. *Revista Agricultura Tropical*. 2(1):1-8.
30. SÁNCHEZ TORRES, J.D.; MIRA CASTILLO, J.J. 2013. Principios para la nutrición del cultivo de banano. Asociación de Bananeros de Colombia-AUGURA; Centro de Investigaciones del Banano-CENIBANANO. 253p.
31. SELOSSE, M.-A. 2019. Micorrizas: la simbiosis que conquistó la tierra firme. *Investigación y ciencia*. 516:36-43.
32. SEPÚLVEDA VARGAS, R.D. 2020. Economía y agroecología: construyendo alternativas al desarrollo rural. 1ed. Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín). 217p.

33. SHIZI, K.; SHIYAO, T.; CHUNYU, L.; GANJUN, Y.; YANLONG, H.; GUOFU, W. 2011. Effect models of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer formulation in banana. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*. 1:147-150.
34. SOTO, M. 2008. Bananos: técnicas de producción, manejo, poscosecha y comercialización. Tercera Edición. Litografía e Imprenta LIL (Costa Rica).
35. TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2006. *Fisiología vegetal*. Ed.III. Universitat Jaume-I. 1338p.
36. VIERHEILIG, H. 2004. Regulatory mechanisms during the plant - arbuscular mycorrhizal fungus interaction. *Canadian Journal of Botany*. 82(8):1166-1176. <https://doi.org/10.1139/b04-015>
37. VIVAS-CEDENO, J.; LAZO-ROGER, Y.; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, I.; ROBLES-GARCÍA, J. 2018. Hongos micorrizicos arbusculares en el cultivo de plátano en viveros. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*. 4(3):3-15. <http://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2018.4.3.julio.3-15>