

BIOESTIMULACIÓN DE RAÍCES EN PLANTAS JÓVENES DE AGUACATE

Lemus-Soriano, Braulio Alberto; Venegas-González, Eulalio; Zamora-Landa, Ángel Ignacio

¹Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas esq. Berlín s/n, Col. Viveros, C.P. 60170. Uruapan, Michoacán, México. alberto.lemus@umich.mx

Resumen

Para un adecuado y exitoso establecimiento del cultivo de aguacate se necesitan plantas con un óptimo desarrollo foliar y de raíces. Sin embargo, en los viveros comerciales de aguacate no se realizan manejos orientados a la mejora de la raíz lo cual repercute en plantas de poco vigor y que no manifiestan un potencial adecuado de desarrollo en campo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de bioestimulantes para raíces con base en microorganismos y ácidos orgánicos sobre el crecimiento de la planta y su sistema de raíces, contenido de clorofila y porcentaje de micorrización en plantas de aguacate. Se tuvieron siete tratamientos, incluido un testigo. El diseño experimental fue completamente al azar, con ocho repeticiones. Las variables evaluadas fueron número de hojas, longitud de la planta, longitud de la raíz principal, unidades SPAD, peso seco de la raíz y porcentaje de micorrización. En cada una de las variables, el mejor tratamiento fue la combinación Nutrisorb® L + Biofit® RTU, lo cual confirma que el uso de microorganismos y ácidos orgánicos favorece el crecimiento vegetativo y de raíces, así como promueve una mayor micorrización.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., Ácidos orgánicos, Hongos, Bacterias.

ROOT BIOSTIMULATION IN YOUNG AVOCADO PLANTS

Abstract

For a proper and successful establishment of avocado orchards, plants with optimal foliar and root development are needed. However, in commercial avocado nurseries there are no practices aimed at improving the root, which has an impact on plants of little vigor and that do not show an adequate potential for development in the field. The objective of this study was to evaluate the effect of root biostimulants based on microorganisms and organic acids on the growth of the plant and its root system, chlorophyll content and percentage of mycorrhization in avocado plants. There were seven treatments, including one control. The experimental design was completely random, with eight replications. The variables evaluated were number of leaves, plant length, main root length, SPAD units, root dry weight and percentage of mycorrhization. In each of the variables, the best treatment was the combination Nutrisorb® L + Biofit® RTU, which confirms that the use of microorganisms and organic acids favors vegetative and root growth, as well as promotes greater mycorrhization.

Key words: *Persea americana* Mill., Organic acids, Fungi, Bacteria

Introducción

El aguacate es uno de los cultivos de mayor importancia económica en el país, durante el 2020 la producción obtenida de aguacate en México fue de 2'337,254 t; donde el estado de Michoacán aportó 76.9 % (1,799,296 t) al total nacional, lo que lo convierte en el principal productor (SIAP, 2021).

En México, la producción de plantas de aguacate se basa principalmente en el uso de portainjertos originados por semilla; sin embargo, no se cuenta con plantas certificadas, ya que aún no se dispone de la regulación técnica respectiva que indique los procedimientos para producir plantas en vivero, por lo tanto, el procedimiento para la propagación es variable (Campos-Rojas et al., 2012).

En cuanto a su manejo en el vivero, se fertilizan principalmente con fosfato diamónico (DAP - 18-46-00) así como aplicaciones de algunas otras fuentes de fertilizantes químicos (Ortiz-Estrella y Vázquez-Collado, 2008).

Los bioestimulantes son diversas sustancias y microorganismos que ayudan a mejorar el crecimiento de una planta (Calvo et al., 2014; du Jardin, 2015). Así mismo, las raíces de las plantas influyen sobre las características físicas, químicas y biológicas de la rizosfera del suelo (Koo et al., 2005), y actúan directamente sobre los microorganismos por la secreción de distintos compuestos (Bais et al., 2006).

El uso de inoculantes microbianos como las rizobacterias, hongos endófitos y micorrícicos se ha incrementado en los últimos años (Hayat et al., 2010). Por lo que el objetivo propuesto fue evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes sobre plántulas de aguacate.

Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, localizada en Uruapan, Michoacán (19°23'41,375" N, 102°3'30,192" O) y una altitud de 1589 m.

Se utilizaron plantas de un vivero comercial de la localidad de Tingambato, Michoacán. Estas tenían 15 días de injertadas con el cv. Hass en patrón criollo de la región y presentaban un porte visual homogéneo. Posteriormente fueron trasladadas al área experimental (invernadero) dentro de las instalaciones de la Facultad de Agrobiología.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con siete tratamientos y ocho repeticiones. La unidad experimental consistió en una planta de aguacate. Los productos evaluados fueron un testigo y los bioestimulantes comerciales: Nutrisorb® L Bioestimulante para la asimilación de nutrientes a base de ácidos polihidroxicarboxílicos (ácidos carboxílicos, 11.0 %), Mycorroot® Bioestimulante

inductor de micorrizas a base de consorcio de hongos micorrízicos y promotor de exudados radiculares (*Pisolithus tinctorius*, 1×10^6 UFC/g; *Glomus intraradices*, 1×10^3 UFC/g; *Azospirillum brasilense*, 1×10^6 UFC/g; ácidos carboxílicos, 19.7 %), Biofit® RTU Bioestimulante de la actividad rizosférica a base de consorcio de microorganismos y promotor de exudados radiculares (*Trichoderma harzianum*, 1.35×10^5 UFC/g; *Penicillium bilaiae* + *Penicillium* spp. + *Paecilomyces lilacinus*, 1.25×10^7 UFC/g; *Bacillus subtilis*, 1.25×10^8 UFC/g; *Azospirillum brasilense*, 1.25×10^5 UFC/g; ácidos carboxílicos, 34.0 %) y micorrizas del género *Glomus* spp. 1×10^3 UFC/g (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para determinar su efecto bioestimulante en plántulas de aguacate.

Tratamiento	Concentración ^z
A. Nutrisorb® L	3 ml
B. Mycorroot®	5 g
C. Biofit® RTU	5 g
D. Nutrisorb® L + Mycorroot®	3 ml + 5 g
E. Nutrisorb® L + Biofit® RTU	3 ml + 5 g
F. Micorrizas	5 g
G. Testigo	Agua

^z Concentración en un litro de agua por planta

Las aplicaciones se realizaron al suelo cada 21 días. En total nueve aplicaciones iniciando en octubre de 2019 y terminando en abril de 2020. Se evaluaron las siguientes variables respuesta: número de hojas, longitud de la planta, longitud de la raíz principal, unidades SPAD, y peso seco de la raíz; además se determinó el porcentaje de micorrización. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una prueba de separación de medias de Tukey $\alpha=0.05$, con el programa estadístico SAS v. 9.0.

Resultados y Discusión

Todas las variables agronómicas evaluadas presentaron diferencias altamente significativas ($p<0.0001$) para tratamientos en los análisis de varianza. Las pruebas de comparación de medias de Tukey para las variables medidas (Cuadro 2) mostraron los siguientes resultados: la mezcla de Nutrisorb® L + Biofit® RTU presentó mayor número de hojas con una media de 57.87 hojas por planta. Esto coincide con González y Fuentes (2017) que evaluaron diferentes microorganismos los cuales produjeron efectos benéficos en el número de hojas para las plantas

de girasol (*Helianthus annuus* L). Sakthiselvan et al. (2014) y han sugerido que los microorganismos pueden favorecer el crecimiento vegetal, ya que generan un efecto positivo sobre algunas propiedades químicas del suelo aumentando la solubilización de nutrimentos y la capacidad de absorción de estos.

El contenido en clorofila puede utilizarse en el manejo de programas nutrimentales (Blasco et al., 2010) y es una herramienta útil para dar seguimiento a la nutrición y con ello buscar una mejora en el rendimiento del cultivo (López-Bellido et al., 2004). El tratamiento de Nutrisorb® L + Biofit® RTU presentó el mayor contenido medio de clorofila con 75.48 unidades SPAD. Los resultados obtenidos difieren de los encontrados por Arellano (2017) quien en el caso del contenido de clorofila en hojas de aguacate obtuvo que el valor medio más alto lo registro el tratamiento micorrizas (40.2 unidades SPAD); mientras que Leal-Almanza et al. (2018) al evaluar *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* como promotores de crecimiento vegetal en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L., tampoco encontraron diferencias significativas. Lo anterior puede explicarse debido a que la aplicación de ácidos orgánicos junto con los microorganismos favorece su actividad en la rizosfera, además que se incrementa la arquitectura radicular y esto se refleja en una mayor asimilación de nutrientes en las plantas, y por ende un mayor contenido de clorofila (Badri y Vivanco, 2009; Zare-Maivan et al., 2017).

En cuanto a la altura de la planta destaco el tratamiento Nutrisorb® L + Biofit® RTU con una media de 58.58 cm de longitud. Estos resultados coinciden con Canseco-Martínez et al. (2020) los cuales encontraron que aplicaciones de materia orgánica influyen directamente sobre el tamaño de plantas en comparación con el testigo sin aplicación donde se obtuvieron plantas de café (*Coffea arabica* L.) de menor tamaño, debido a que, entre mayor cantidad de materia orgánica, mayor cantidad microbiana ya que existe mayor posibilidad de liberación de nutrientes y al ser aplicados en el suelo continúa el proceso de descomposición. Así mismo Silveira et al. (2003) indicaron un mayor desarrollo de follaje al realizar inoculaciones de microorganismos en aguacate.

En la variable longitud de la raíz el mejor tratamiento fue Nutrisorb® L + Biofit® RTU, que presentó una media de 63.23 cm mientras el testigo fue el de menor longitud. En plantas de aguacate, se han demostrado los efectos de micorrizas en un mejor desarrollo radicular (Carreón-Abud et al., 2014) lo cual coincide con los resultados obtenidos. González y Fuentes (2017) mencionaron que

los microorganismos favorecen la producción de auxinas lo cual incrementa la longitud de las raíces.

En cuanto al peso seco de raíz la mezcla Nutrisorb® L + Biofit® RTU obtuvo el mayor peso medio con 24.5 g, seguido por los tratamientos de micorrizas y Nutrisorb® L + Mycorroot®. Barroetaveña y Rajchenberg (2003) y, González y Fuentes (2017) mencionaron resultados similares al utilizar micorrizas, bacterias y *Trichoderma* encontrando un mayor número de raíces debido a la producción de fitohormonas como citoquininas lo que repercutió en el peso seco en plantas de pino (*Pinus ponderosa* Douglas ex C. Lawson), arroz (*Oryza sativa* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.).

Cuadro 2. Comparación de medias para las variables evaluadas por efecto de bioestimulación de raíces.

Tratamientos	Número de hojas	Contenido de clorofila (unidades SPAD)	Altura de la planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Peso seco de raíz (g)
A. Nutrisorb® L	40.12 b ^z	66.86 b	51.7 bc	43.47 bc	8.62 d
B. Mycorroot®	40.0 bc	72.37 ab	49.42 c	49.38 b	12.75 bc
C. Biofit® RTU	38.75 bc	70.47 ab	51.77 bc	45.12 bc	11.96 c
D. Nutrisorb® L + Mycorroot®	40.25 b	68.56 ab	53.37 b	49.38 b	13.65 b
E. Nutrisorb® L + Biofit® RTU	53.87 a	75.48 a	58.58 a	63.23 a	24.5 a
F. Micorrizas	41.75 b	65.25 b	54.87 b	47.5 b	13.75 b
G. Testigo	32.62 c	55.65 c	41.91 d	34.25 c	4.91 e

^zMedias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

El porcentaje de micorrización fue influenciado por la aplicación de los ácidos orgánicos de la mezcla de Nutrisorb® L + Biofit® RTU resultando el tratamiento con mayor porcentaje (73 %), seguido de Mycorrot® y micorrizas con 58 y 57 % respectivamente. Lo anterior coincide con Quiñones-Aguilar et al. (2014) quienes al incorporar fuentes de materia orgánica con micorrizas obtuvieron mayores porcentajes de micorrización en raíces de papayo (*Carica papaya* L.) en comparación con el testigo donde no se aplicaron.

En vivero, se han tenido los mayores efectos en la implementación de la simbiosis de micorriza arbuscular, como una forma de mejorar la sanidad y el estado nutricional de las plantas. En la propagación de algunos frutales (Monticelli et al., 2000; Úsuga et al., 2008). Huang et al (2014) y

Dey y Sengupta (2020) mencionaron que la presencia de sustancias orgánicas es vital para incrementar la actividad microbiana en la rizosfera, de tal manera que la planta se ve favorecida durante su desarrollo. Lo anterior respalda nuestros resultados por lo que es factible la utilización de microorganismos y sustancias orgánicas dentro de programas de manejo de plántulas en viveros de aguacate.

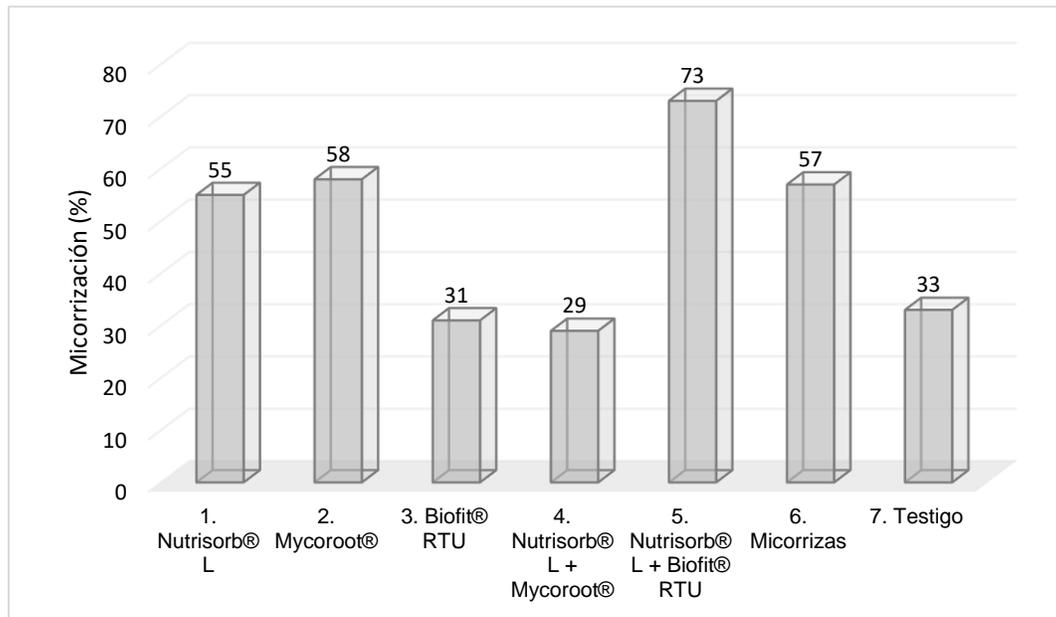


Figura 1. Porcentaje de micorrización en raíces de aguacate por efecto de productos bioestimulantes.

En vivero, se han tenido los mayores efectos en la implementación de la simbiosis de micorriza arbuscular, como una forma de mejorar la sanidad y el estado nutricional de las plantas. En la propagación de algunos frutales (Monticelli et al., 2000; Úsuga et al., 2008). Huang et al. (2014) y Dey y Sengupta (2020) mencionaron que la presencia de sustancias orgánicas es vital para incrementar la actividad microbiana en la rizosfera, de tal manera que la planta se ve favorecida durante su desarrollo. Lo anterior respalda nuestros resultados por lo que es factible la utilización de microorganismos y sustancias orgánicas dentro de programas de manejo de plántulas en viveros de aguacate.

Conclusiones

La aplicación de la mezcla de Nutrisorb® L + Biofit® RTU presenta el mayor efecto sobre las características de desarrollo de la planta y de la raíz, así como en el contenido de clorofila en las plantas de aguacate injertadas con el cv. Hass.

Literatura Citada

- Arellano, R. L. 2017. Efecto de abonos orgánicos en el crecimiento en vivero de aguacates nativos de Ometepec y Tlacoachistlahuaca, Guerrero. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala, Guerrero, México. 101 p.
- Badri, D. V., and J. M. Vivanco. 2009. Regulation and function of root exudates. *Plant Cell Environ.* 32:666-681.
- Barroetaveña, C. y M. Rajchenberg. 2003. Las micorrizas y la producción de plántulas de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. en la Patagonia, Argentina. *Bosque* 24(1):17-33.
- Bais, H. P., T. L. Weir, L. G. Perry, S. Gilroy, and J. M. Vivanco 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 57:233–266.
- Blasco, B., J. J. Rios, L. M. Cervilla, E. Sánchez-Rodríguez, M. M. Rubio-Wilhelmi, M. A. Rosales, J. M. Ruiz, and L. Romero. 2010. Photorespiration in lettuce plants (*Lactuca sativa* L.): Induced changes in response to iodine biofortification. *J. Plant Growth Regul.* 29(4):477-486.
- Calvo, P., L. Neklson, and J. W. Kloeper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383:3-41.
- Campos-Rojas, E., J. Ayala-Arreola, J. Andrés-Agustín, y M. de la C. Espíndola-Barquera. 2012. Propagación de aguacate. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, México. 54 p.
- Canseco-Martínez, D., Y. Villegas-Aparicio, E. Castañeda-Hidalgo, J. Carrillo-Rodríguez, C. Robles, y G. Santiago-Martínez. 2020. Respuesta de *Coffea arabica* L. a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 11(6):1285-98.
- Carreón-Abud, Y., S. Aguirre-Paleo, M. E. Gavito, D. J. Mendoza-Solís, R. Juárez-Chávez, M. Martínez-Trujillo, y D. Trejo-Aguilar. 2014. Inoculación micorrízico arbuscular en portainjertos de plantas de aguacate cv 'Hass' en viveros de Michoacán, México. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 5(5):847-857.
- Dey, S., and S. Sengupta. 2020. Role of rhizospheric organic compounds on soil behavioral changes. *Agriculture & Food: e-Newsletter* 2(5): 221-225.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic.* 196:3-14.
- González, H. y N. Fuentes. 2017. Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Rev. Cienc. Agríc.* 34(1):17-31.
- Hayat, R., S. Ali, U. Amara, R. Khalid, and I. Ahmed. 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Ann Microbiol.* 60:579-598.
- Huang, X. F., J. M. Chaparro, K. F. Reardon, R. Zhang, Q. Shen, and J. M. Vivanco. 2014. Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities. *Botany* 92:267-275.
- Koo, B. J., D. C. Adriano, N. S. Bolan, and C. D. Barton. 2005. Root exudates and microorganisms. pp. 421-428. In: Hillel, D. (Ed.). *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Elsevier, Oxford, UK.
- Leal-Almanza, J., M. A. Gutiérrez-Coronado, L. Castro-Espinoza, F. Lares-Villa, J. M. Cortes-Jiménez, y S. Santos-Villalobos. 2018. Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra. *Agrociencia* 52(8):1149-1159.

- López-Bellido, R. J., C. E. Shepherd, and P. B. Barraclough. 2004. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. *Eur. J. Agron.* 20:313- 320.
- Monticelli, S., G. Puppi, and C. Damiano. 2000. Effects of *in vivo* mycorrhization on micropropagated fruit tree rootstocks. *Appl. Soil Ecol.* 15(2):105-111.
- Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP). 2021. Producción de aguacate. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Ortíz-Estrella, L. y I. Vázquez-Collado. 2008. Propagación. pp. 8-16. Coria-Ávalos, V. M. (Ed.). In: Tecnología para producir aguacate en México. Libro Técnico Núm. 8. SAGARPA-INIFAP. 2ª. Edición. Uruapan, Michoacán, México.
- Quiñones-Aguilar, E. E., L. López-Pérez, E. Hernández-Acosta, R. Ferrera-Cerrato, y G. Rincón-Enríquez. 2014. Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia orgánica en el crecimiento de *Carica papaya* L. *Interciencia* 39(3):198-204.
- Sakthiselvan, P., B. Naveena, and N. Partha. 2014. Molecular characterization of a xylanase producing fungus isolated from fouled soil. *Braz. J. Microbiol.* 45(4):1293-1302.
- Silveira, S. V., P. V. Souza, O. C. Koller, and S. F. Schwarz. 2003. Elementos minerales y carbohidratos en plantones de aguacate 'Carmen' inoculados con micorrizas arbusculares. Proc. V World Avocado Congress. Malaga, Spain. October 19-24, 2003. Vol.1:415-420.
- Úsuga, C. E., D. A. Castañeda, y A. E. Franco. 2008. Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (H.M.A) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano) (Musaceae). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 61(1):4279-4290.
- Zare-Maivan, H., N. Khanpour-Ardestani, and F. Ghanati. 2017. Influence of mycorrhizal fungi on growth, chlorophyll content, and potassium and magnesium uptake in maize. *J. Plant Nutr.* 40(14):2026-2032.