

ENDOMICORRIZA-ARBUSCULAR, BACTERIAS Y VERMICOMPOSTA EN PLANTULAS DE AGUACATE EN VIVERO*

ARBUSCULAR MYCORRHIZAE, BACTERIAE AND EARTH-WORMS COMPOST ON AVOCADO SEEDLINGS AT NURSERY

(Resultados preliminares)

(Preliminaries results)

Juan Carlos Reyes Alemán¹, Ronald Ferrera-Cerrato² y Alejandro Alarcón²

RESUMEN

En condiciones de vivero se evaluó el efecto de *Glomus* spp. Zac-19, bacterias (R1b) y vermicomposta en el desarrollo de plántulas de aguacate. El sustrato fue una mezcla de suelo agrícola más arena de río (1:1 v/v). Se realizó la evaluación del efecto a los 200 días después del trasplante. La altura y diámetro del tallo se favorecieron con los tratamientos de vermicomposta y la actividad del micosimbionte. La asociación entre la micorriza y la bacteria promovió el volumen radical, aún cuando no se apreciaron diferencias considerables en el peso de la raíz. El diámetro del tallo y volumen de la raíz disminuyeron con la presencia de la bacteria y en combinación con vermicomposta y *Glomus* spp. Zac-19.

Palabras clave: *Glomus*, rhizobacteria, vermicomposta, crecimiento vegetal, *Persea americana* Mill.

ABSTRACT

The development of avocado seedlings inoculated with *Glomus* sp., bacteriae (R1b) and earth-worms compost applied during the transplanting was evaluated under nursery conditions. The substrate was a soil of orchard plus sand mixed (1:1 v/v). The evaluation was done 200 days after transplanting. Height and stem diameter were higher in the compost and micorrhizal treatments but, when they were combined the plant height and its stem diameter were lower. The association between micorrhizae and the bacteriae significantly promoted the root volume but differences in dry weight were not found. The stem diameter and root volume were reduced due to the bacterial activity, inoculated alone or combined.

Key words: *Glomus*, rhizobacteria, plant growth, compost, *Persea americana* Mill.

¹ Fundación Salvador Sánchez Colin CICTAMEX S.C. Ignacio Zaragoza, 6 Coatepec Harinas, Estado de México C.P. 51700

² Area de Microbiología, Especialidad Edafología. IRENAT- CP, Carretera México-Texcoco, Km 36.5 Montecillo, México C.P.56230

* Este trabajo forma parte del proyecto CONACYT 4255P-B9607

INTRODUCCION

La utilización de los hongos endomicorrízico-arbusculares en la fruticultura constituye una alternativa de carácter ecológico. Si bien en México es posible producir eficientemente árboles frutales en forma tradicional, existe un costo adicional y un riesgo ambiental al utilizar fertilizantes y suelo forestal como sustrato único.

Actualmente la corriente de agricultura sustentable es cada vez más fuerte. En casi todos los cultivos agrícolas se han implementado estrategias alternativas para su desarrollo, las cuales han sido principalmente de tipo biológico. La simbiosis micorrízica es una asociación natural eficiente en la nutrición de las plantas (Alarcón, 1997; Ferrera-Cerrato, 1995) y en aguacate ha sido reportada su presencia en plantaciones (Hass y Menge, 1990). La presente investigación consistió en evaluar el efecto de una cepa micorrízica compuesta de tres especies de *Glomus* (Zac-19), en combinación con una bacteria promotora del crecimiento (R1b) (Díaz, 1998) y una dosis de vermicomposta (12 %) en el desarrollo de plántulas de aguacate, utilizando un sustrato alternativo al suelo forestal.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló en las instalaciones del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Méx. El material vegetativo consistió de semillas de aguacate de la raza mexicana (*Persea americana* Mill.) colectadas en el banco de germoplasma de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. en Coatepec Harinas, Méx. La inoculación se realizó en el transplante a los 90 días después de la siembra. Se agregaron 10 g de inóculo micorrízico por planta, 3 ml de una suspensión bacteriana con 1×10^9 UFC mL⁻¹ (Unidades Formadoras de Colonias) y 12 % de vermicomposta en el volumen total de la maceta (Figura 1).

La multicepa Zac-19, la bacteria R1b y la vermicomposta fueron proporcionados por el Área de Microbiología de Suelos del Colegio de Postgraduados. El sustrato consistió de una mezcla estéril de suelo agrícola más arena de río en proporción 1:1 v/v y se consideró como tratamiento de referencia un sustrato con suelo forestal sin inoculación

de los endófitos (cuadro 1). Se evaluaron las variables altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, peso seco de la parte aérea, área foliar, volumen radical, peso radical y tasa fotosintética. Las evaluaciones se realizaron a los 90, 150 y 200 días. La actividad fotosintética se midió con un analizador de gases infrarojo (IRGA) (LI-COR, LI-6200) y el área foliar mediante un aparato integrador de área foliar (LI-COR, LI-3100).

Cuadro 1. Características físicas y químicas del sustrato alternativo y el sustrato de referencia.

	pH	CE	MO	N	P	K
	1:2 H ₂ O	1:5 H ₂ O mmhos/c m	(%) Walkley- Black	(%)	Olsen ppm	NH ₄ Oac 1N pH 7 Meq/100 g
Suelo agrícola + Arena (1:1)	8.1	0.22	0.1	0.01	8	0.63
Suelo forestal	5.5	0.44	16.1	0.80	3	0.54

El experimento consistió de ocho tratamientos integrados en un diseño completamente al azar, con tres factores; micorriza, vermicomposta y bacteria cada uno con dos niveles.



**Figura 1. A. Siembra de semillas de aguacate Raza Mexicana en una cama de germinación con arena +vermicomposta (8:2 v/v).
B. Aplicación de 10g.de inóculo micorrizado por planta (complejo *Glomus* sp. 'Zac-19') al momento del transplante**

RESULTADOS Y DISCUSION

La respuesta a los tratamientos no fue inmediata. Durante los primeros meses el crecimiento de las plantas no mostró diferencias. Las plántulas lo manifestaron a los 150 días del trasplante. Menge *et al.* (1978) reportaron efectos positivos hasta después de 130 días y Godínez *et al.* (1986) las obtuvo a los 180.

Esta especie fue muy sensible a la marchitez provocada durante el trasplante. Esta fase se retrasó 30 días, esto pudo haber provocado que aumentara el índice de marchitez en la primera etapa de desarrollo. En todos los tratamientos las plantas sufrieron un impacto durante la etapa de adaptación, la textura del suelo posiblemente provocó dificultad a las raíces para penetrar, pero después de este período el crecimiento se aceleró.

En forma general las plantas adicionadas con vermicomposta mostraron mejor desarrollo durante el experimento y al final de éste (200 días). No obstante que hubo mayor índice de marchitez en el trasplante, observándose daños por sales en el follaje durante los primeros 100 días. En algunos tratamientos con vermicomposta la CE fue mayor de 0.5 mmhos/cm., posiblemente se crearon condiciones tóxicas para la planta. En otros árboles como *Casuarina equisetifolia* L. la adición del 12 % de vermicomposta no mostró daños (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1995).

La vermicomposta y la multicepa *Glomus* spp. Zac-19, promovieron mayor número de hojas, mayor superficie de área foliar y peso seco de la parte aérea con respecto al testigo. El resto de los tratamientos superaron o al menos igualaron la respuesta de las plantas que se desarrollaron en el tratamiento de referencia, sin inoculación microbiana ni aplicación de materia orgánica (Cuadro 2). En el caso de la fotosíntesis, se observó mayor actividad en los tratamientos que tuvieron la presencia de la micorriza y la bacteria, y la más baja en los tratamientos testigo y de referencia. La colonización de la raíz por estos microorganismos probablemente aumentó la actividad fotosintética de las plantas, debido a que pudo existir una demanda extra de fotosintatos por parte de ellos (Cuadro 2).

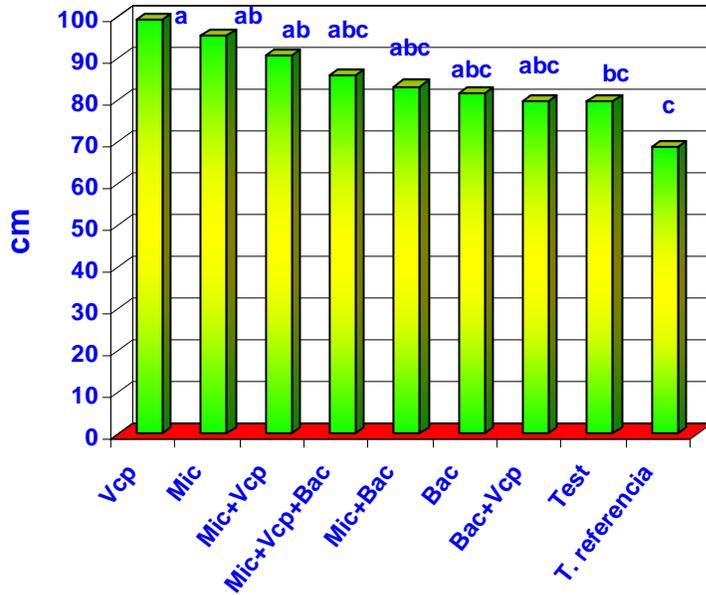
Cuadro 2. Características agronómicas y fisiológicas de plantas de aguacate raza mexicana a los 200 días del transplante.

Tratamiento	Número Hojas	Area foliar Cm ²	Peso seco de parte área g	Fotosíntesis $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Conductancia estomática cm s^{-1}
Micorriza (M)	46.3 a *	2414.4 ab*	30.0 ab*	18.73	0.1556
Bacteria (B)	36.7 ab	1550.0 c	20.9 b	11.02	0.1163
Vermicomposta (V)	47.2 a	2564.7 a	32.7 a	11.19	0.0765
M+B	45.7 a	2272.6 ab	27.5 ab	12.40	0.1464
M+V	44.4 a	2087.4 abc	26.6 ab	11.41	0.0985
B+V	44.1 ab	2057.3 abc	21.9 ab	12.81	0.1459
M+B+V	43.5 ab	2001.6 abc	23.6 ab	11.00	0.0986
Testigo	38.4 ab	2010.8 abc	25.8 ab	4.712	0.0517
Trat. Referencia (Suelo forestal)	34.2 b	1643.3 bc	19.1 b	4.269	0.1066

* Valores con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

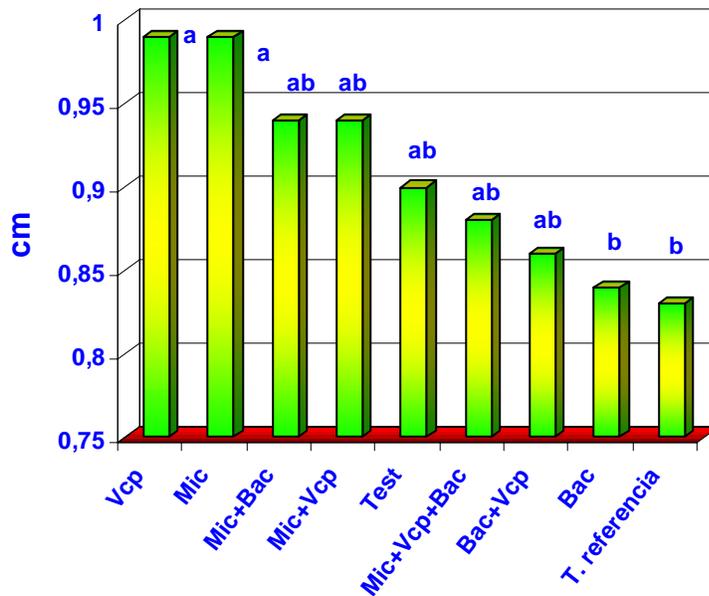
La altura de planta fue favorecida con la vermicomposta, así como la inoculación de hongos micorrízicos en sus diferentes combinaciones, observándose diferencias con respecto al testigo y tratamiento-sustrato de referencia. Se observa que la bacteria sola o en combinación con la micorriza o vermicomposta no favorecen el desarrollo de la altura. La vermicomposta y la micorriza actuando en forma aislada tuvieron un efecto mayor en la promoción de altura (Figura 2). En varias investigaciones se ha demostrado la eficiencia de los hongos micorrízicos del género *Glomus* en promover el desarrollo de plántulas de aguacate (Ginsburg y Avizohar-Hershenson, 1965; Hall y Finch, 1974).

En el diámetro del tallo, la vermicomposta y la micorriza fueron los tratamientos que presentaron mejor respuesta y superaron considerablemente a los tratamientos con bacterias y el sustrato de referencia (Figura 3).



Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

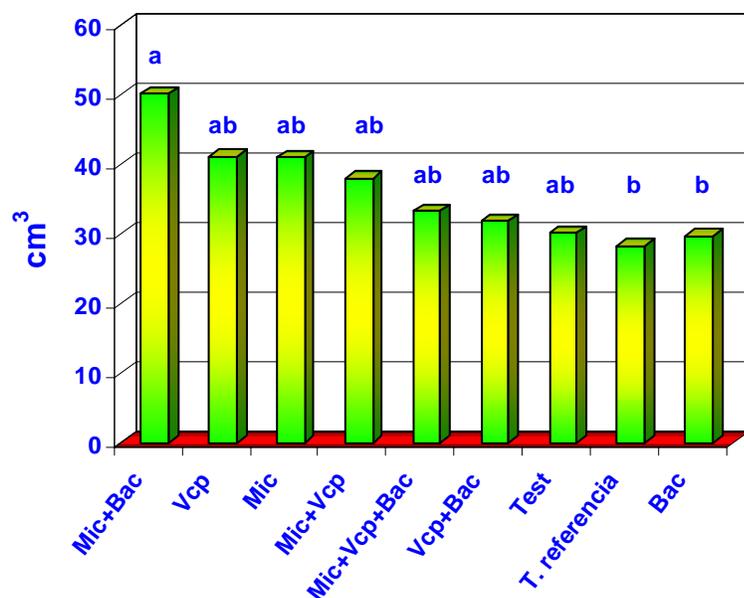
Figura 2. Altura de plantas de aguacate raza mexicana a los 200 días después del transplante (Vcp=Vermicomposta, Mic=*Glomus* spp. Zac-19, Bac=Bacteria R1b, Test=Testigo, T. referencia=Suelo forestal como sustrato).



Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

Figura 3. Diámetro del tallo de plantas de aguacate raza mexicana a los 200 días después del transplante (Vcp=Vermicomposta, Mic=*Glomus* spp. Zac-19, Bac=Bacteria R1b, Test=Testigo, T. referencia=Suelo forestal como sustrato).

En los resultados se observa que la bacteria no promovió el desarrollo de las plantas, pero al combinarse con los demás factores tiende a favorecerlas ligeramente. Entre las bacterias que se asocian a la rizosfera de las plantas puede haber cierta especificidad por el hospedante. En este caso la cepa R1b es una bacteria no identificada que pudiera pertenecer al género *Beijerinckia* aislada de rizosfera de caña de azúcar. No obstante esta cepa ha sido evaluada con diferentes cultivos como lechuga (Díaz, 1998), y capulín, (Manjarrez *et al.*, 1998), en los cuales se ha tenido una respuesta favorable al incrementar el desarrollo de las plantas. En lo que respecta a su asociación con aguacate no se observó respuesta, por el contrario los tratamientos con la bacteria presentaron menor porte. Es necesario destacar también que no se presentaron síntomas visuales de patogenicidad. Por otro lado, los microorganismos que se asocian a las raíces de las plantas representan una demanda de nutrimentos y fuente de carbono para su supervivencia, esto pudiera representar una competencia por nutrimentos en la zona radical, de ahí el efecto del decremento de crecimiento en las plantas. Sin embargo el volumen radical fue mayor en el tratamiento donde hubo una acción conjunta entre la micorriza con la bacteria en comparación con la bacteria sola y el tratamiento de referencia (Figura 4).



Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

Figura 4. Volumen radical de plantas de aguacate raza mexicana, a los 200 días después del transplante. (Vcp=Vermicomposta, Mic=*Glomus* spp. Zac-19, Bac=Bacteria R1b, Test=Testigo, T. referencia=Suelo forestal como sustrato).

El efecto de los tratamientos se intensificó al hacer una adición nutritiva de la solución de Hoagland a los 130 y 160 días. Después de un periodo de desarrollo de las plantas es obvio que el medio sufra un agotamiento de minerales por extracción, algunos otros autores recomiendan su aplicación semanalmente (Menge *et al.*, 1978), de esta manera se puede indicar que la adición nutritiva de algún material en este caso si fue necesario.

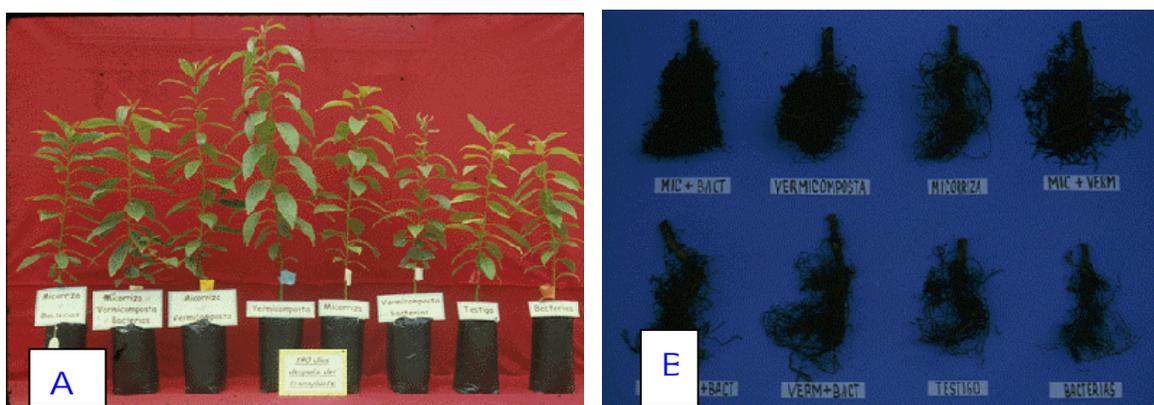


Figura 5. A. Desarrollo de plantas de aguacate a los 190 días después del trasplante
B. Desarrollo del sistema radical de plantas de aguacate a los 190 días después del trasplante

CONCLUSIONES

La multicepa *Glomus* spp. Zac-19 y la vermicomposta promovieron el crecimiento de plantas de aguacate con respecto al tratamiento de referencia, por lo que constituyen una propuesta regional de implementación de tecnología en el proceso práctico de vivero.

La bacteria R1b no favoreció la promoción del desarrollo de los portainjertos de aguacate.

La mezcla suelo agrícola más arena (1:1 v/v) es un sustrato alternativo al suelo forestal apto para el desarrollo de plantas en aguacate.

Se pone de manifiesto el potencial que tiene la micorriza y la vermicomposta y se destaca la biología del suelo como un aspecto trascendental poco conocido en los procesos tradicionales de vivero.

LITERATURA CITADA

- Alarcón, A. 1997. Capacidad fotosintética del portainjerto *Citrus volkameriana* Tan & Pasq. inoculado con micorriza arbuscular. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Especialidad de Edafología. Montecillo, Méx. pp 117.
- Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerrato. 1995. Niveles de vermicomposta y micorriza arbuscular, en el desarrollo de plántulas de *Casuarina equisetifolia* a nivel de vivero. I Reunión Internacional de Ecología Microbiana. 8-12 de mayo. México, D.F. pp 25.
- Díaz V., P. 1998. Biofertilización del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con bacterias promotoras de crecimiento, micorriza arbuscular y vermicomposta. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Especialidad de Edafología. Montecillo, Méx. 119 p.
- Ferrera-Cerrato, R. 1995. Agricultura en México. *In*. Primera reunión Internacional de Ecología Microbiana, Programas y resúmenes. I.P.N. 8-12 de mayo. México, Distrito Federal. pp 43.
- Ginsburg, O., and Avizohar-Hershenson. 1965. Observations on vesicular-arbuscular mycorrhiza associated with avocado roots on Israel. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 48: 101-104.
- Godínez R., M., R. Ferrera-Cerrato, J.I. Cortes F., and J.J. Dominguez. 1986. Response of avocado (*Persea americana* Mill) to inoculation with endomycorrhizae. *In*. Abstracts. Fourth International Symposium on Microbial Ecology. Ljubljana, Yugoslavia. pp. 150.

- Hall, J.B. and H.C. Finch. 1974. Mycorrhiza in roots of avocado: effect upon chemotaxis of *Phytophthora cinnamomi* zoospores. Proc. Amer. Phytopathol. Soc. 1:86.
- Hass, J.H. and J.A. Menge. 1990. VA-mycorrhizal fungi and soil characteristics in avocado (*Persea americana* Mill) orchard soils. Plant and Soil 127:207-212.
- Manjarrez, M.M.J., A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato. 1998. Evaluación de levaduras y rizobacterias promotoras del crecimiento en capulín (*Prunus serotina* var. Capuli). Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitogenética. 5-9 Octubre, Acapulco Gro.
- Menge, J.H., M. Davis, E.L.V. Johnson and G. A. Zentmyer. 1978. Mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado. Cal. Agric. 32: 6-7.