

ENDOMICORRIZAS VESICULO ARBUSCULARES DEL MANGO (*Mangifera indica* L.) 'MANILA' EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Cortés Mercado, M.M.; R. León Arteaga¹; R. Ferrera-Cerrato²; J.G. Cruz Castillo¹

¹ Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Apartado 49. Huatusco, Veracruz. C.P. 94100.

² Sección de Microbiología de Suelos, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230.

RESUMEN. En diez agroecosistemas de mango 'Manila' en el estado de Veracruz, se encontró una asociación entre endomicorrizas vesículo-arbusculares y raíces. La colonización en las raíces varió desde 38 a 55% a través de las diferentes condiciones ambientales estudiadas. En el suelo de los agroecosistemas se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el número de esporas formadoras de micorrizas sobresaliendo los géneros *Glomus* y *Sclerocystis*. También fueron observados otros dos tipos de micorrizas no identificados.

PALABRAS CLAVE: Micorrizas, microflora del suelo, agroecosistemas, suelos de Veracruz, nutrición de frutales tropicales.

VESICULAR-ARBUSCULAR ENDOMYCORRHIZAE OF 'MANILA' MANGO (*Mangifera indica* L.) IN THE STATE OF VERACRUZ

SUMMARY. In ten agroecosystems of 'Manila' mango in the State of Veracruz an association between vesicular-arbuscular endomycorrhizae and roots was found. The root colonization was significantly different throughout the different environments studied and varied from 38 to 55%. In the soil of the agroecosystems there were significant differences ($P \leq 0.05$) in the number of mycorrhizae spores of the genus *Glomus* and *Sclerocystis* mainly. Two other different non-identified mycorrhizae were also observed.

KEY WORDS: Mycorrhizae, soil microflora, agroecosystems, Veracruz soils, tropical fruit tree nutrition.

INTRODUCCION

El cultivo del mango, se encuentra entre los principales frutales en México, y su producción ocupa el segundo lugar a nivel mundial con 845,000 ton (Anon, 1991 El cultivo del mango, se encuentra entre los principales). Los principales estados productores son: Veracruz, Sinaloa, Oaxaca, Nayarit, Michoacán y Chiapas. El estado de Veracruz es el principal productor con 33% del total del área cultivada, y principalmente se cultiva en mango 'Manila' (De los Santos y Mosqueda, 1992). Este cultivar, se encuentra establecido en una amplia variedad de suelos en donde el clima puede ser un factor limitante en su desarrollo y producción. La mayoría de los huertos fueron establecidos con árboles provenientes de semilla, y en general el manejo agronómico de las huertas es reducido. Solamente el 48% del área total cultivada se

fertiliza, pero regularmente los árboles crecen bien aún sin fertilización química. Se han realizado pocos trabajos sobre la determinación de las con una fertilidad cantidades óptimas de fertilizantes que se deben aplicar en el mango, y en éstos, no se observa un patrón definido de su respuesta en productividad (Cortés, 1986). Además, altas producciones pueden ser alcanzadas en suelos pobre (Penella, 1967; Williams *et al.*, 1979; y Whiley, 1984). Por tanto, el investigar alguna asociación entre el sistema radical del mango y algunos micro-organismos que benefician su nutrición, son importantes para entender y posibilitar una mani-pulación adecuada de la nutrición.

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre las hifas de ciertos hongos y los órganos de absorción (típicamente las raíces) de las plantas. Su beneficio radica principalmente en mejorar la eficiencia del aprovechamiento vegetal de la mayoría de los

minerales del suelo con excepción del nitrógeno. Mismas que se han encontrado en muchas especies de cultivos agrícolas tanto anuales como perennes, en climas templados y cálidos (Maronek *et al.*, 1981; Ferrera Cerrato en León-Arteta, 1991; y Hernández *et al.*, 1995).

Los objetivos del presente trabajo fueron: conocer el grado de infección y colonización de esporas de los hongos micorrizicos vesículo arbuscular en diez agroecosistemas de mango en el estado de Veracruz.

MATERIALES Y METODOS

Clasificación de climas y suelos en diez zonas productoras de mango en el estado de Veracruz.

Con los datos de diez años inmediatamente previstos a 1984 de las estaciones meteorológicas más cercanas a las zonas de estudio, se clasificaron los climas de acuerdo a Köppen, modificado por García (Nieto, 1978), y a los diagramas ombrotérmicos y climograma de Thornthwhite (León-Arteta, 1984). Los suelos se clasificaron por las observaciones de cada sitio y del mapa mundial de suelos, según la clasificación de la FAO/UNESCO, en la copia del tercer intento de la SARH.

Muestreo de raíces y suelo

Se efectuaron dos muestreos de raíces y suelo en cada una de diez huertas de mango 'Manila' ubicadas en diferentes zonas productoras en el estado de Veracruz. El primer muestreo, se realizó en la época de "seca" (enero y febrero) durante la floración; y el segundo, al final de la época de lluvias (septiembre y octubre) cuando los árboles presentaban un intenso crecimiento vegetativo. En las dos estaciones de crecimiento, la toma de muestras se efectuó en 10 árboles de cada huerta escogidos al azar. De cada árbol, se tomaron tres muestras de raíces de diámetro menor a 5 mm que se mezclaron para formar una sola muestra. Asimismo, se obtuvo una muestra del suelo dentro del área de sombreado de la copa de cada árbol, y el suelo de cada dos árboles se mezcló para formar cinco muestras por huerta.

Las raíces se lavaron y se fijaron en solución de formaldehído-ácido acético-alcohol (1:1:20) (60%); y el suelo se almacenó a 4°C.

Preparación de las raíces

El porcentaje de colonización de la endomicorriza vesículo-arbuscular en las raíces, se determinó por el método de Phillips y Hayman (1970) modificado por

Furlan y Fortin (1977), y Macedo y Ferrera-Cerrato (1981) quedando como sigue:

1. A las raíces fijadas en la solución de formaldehído-ácido acético-alcohol se les agregó una solución de KOH 10% y se colocaron en el autoclave por 10 minutos a 121°C y 10 lb de presión. Este proceso, fue repetido tres veces usando una solución limpia de KOH 10%.
2. Se tiró el KOH 10% y se agregó H₂O₂ 10% por media hora a temperatura ambiente y las cajas para tejidos se agitaron manualmente. En algunos casos, las raíces permanecieron muy oscuras y los pasos anteriores fueron repetidos una sola vez.
3. El H₂O₂ fue tirado, y las raíces fueron enjuagadas tres veces con agua a un pH de 7.0. Posteriormente, las raíces fueron enjuagadas con agua destilada una vez, y se les agregó ácido láctico al 0.05%.
4. El ácido láctico fue removido y se agregó la solución colorante de fucsina ácida al 0.05% en glicerol-ácido láctico-agua (1:1:1), y las raíces se colocaron nuevamente en el autoclave como en el paso número 1.
5. El colorante fue retirado, y se agregó una solución limpia de glicerol-ácido acético-agua (1:1:1).

Observación al microscopio compuesto de las estructuras micorrizicas

Se montaron 100 segmentos de maíz de 1 a 1.5 cm de longitud en laminillas con 10 a 20 segmentos, entre porta y cubre objetos se presionó para tener solamente una capa de células. Para su observación se hicieron tres pasajes equidistantes por segmento, bastando la presencia de una estructura micorrizica para dar un valor de 1, en cambio su ausencia se calificó con un valor de 0. Así al final se obtuvo el porcentaje de colonización micorrizica de las raíces.

Determinación del número de esporas en el suelo

El conteo de esporas se realizó tamizando en húmedo el suelo, y suspendiéndolo en solución de glicerol-agua (1:1) (Furlan y Fortin, 1977) de la siguiente manera: 1. Se colocaron en un vaso de precipitado 50 g de suelo, se agregó agua y se eliminaron los grumos. 2. El suelo suspendido se tamizó en aberturas de 500, 250, 149, 74 y 50 µm para separar a las esporas del suelo. 3. Se tomaron 500 ml de cada una de las fracciones, y se suspendieron en 450 ml de una solución glicerol-agua (1:1) durante media hora. Posteriormente, se retamizó el sobrenadante en su abertura correspondiente. 4. El tamizado se pasó a un vaso de precipitados y se le agregó agua hasta un volumen de 100 ml. La muestra se agitó por un minuto

y estando en movimiento se tomaron tres alicuotas de 10 ml cada una, depositándose en cajas para la cuantificación de esporas. Se promedió el número de esporas de cada alicuota, y se hizo una relación para obtener el número de esporas por gramo de suelo seco. Para el análisis de los datos se usó el valor total de las esporas a través de las diferentes aberturas.

Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza de los datos considerando un diseño completamente al azar, donde los tratamientos fueron los diez lugares estudiados. Los muestreos efectuados en la época de lluvias y en la de sequía se unieron para formar veinte repeticiones para el porcentaje de colonización de la endomicorriza vesículo-arbuscular en raíces, y diez repeticiones para el número de esporas por gramo de suelo seco.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características ambientales de los agroecosistemas estudiados.

Los datos climáticos de cada agroecosistema de mango se presentan en el Cuadro 1. Considerando la regionalización efectuada por León-Arteta (1984), los sitios estudiados fueron asignados a las regiones de San Andrés Tuxtla, Actopan, Cosamaloapan, y Córdoba. Sus características particulares fueron las siguientes:

Ranchito Las Animas. Región Actopan. Municipio de Actopan. Área aproximada de 1 ha, árboles de 15 años, efectúan deshierbes manuales. Clima cálido subhúmedo con lluvias de verano, isotermal. Suelo dominante fluvisol éutrico, pedregoso, cerca de la margen del río Actopan, textura fina, suavemente ondulado, altitud 310 msnm.

La Esperanza. Región Actopan. Municipio de Actopan. Área aproximada de 1 ha, árboles de 12 años, efectúan deshierbes manuales y riego por gravedad ineficiente. Clima cálido subhúmedo con lluvias de verano, isotermal. Suelo dominante, vertisol pélico, textura fina, plano ondulado, muy pedregoso, altitud 400 msnm.

Palmas de Abajo. Región Actopan. Municipio de Actopan. Área aproximada de 1 ha, árboles de 12 años, efectúan deshierbes manuales y ocasionalmente incorporación de materia orgánica. Clima cálido húmedo con lluvias de verano, isotermal. Suelo dominante, luvisol vértico, de textura fina, pendiente ligeramente ondulada, y pedregoso. Altitud 25 msnm.

Tolome. Región Actopan. Municipio Paso de Ovejas. Área aproximada de 5 ha, árboles de 20 años, efectúan deshierbes mecánicos, fumigaciones, y fertilización foliar y al suelo cada dos años con NPK 17 - 17 - 17. Clima cálido subhúmedo con lluvias de verano. Suelo dominante, luvisol vértico, textura fina, ligeramente ondulado. Altitud 32 msnm.

Jalcomulco. Región Actopan. Municipio Jalcomulco. Área aproximada de 0.5 ha. Árboles de 14 años, efectúan deshierbes manuales y fumigación foliar. Clima

CUADRO 1. Características climáticas de los diez agroecosistemas estudiados en el estado de Veracruz.

Agroecosistemas	Altitud sobre el nivel del mar	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
Ranchito Las Animas	310	24.8	923.8
La Esperanza	400	24.8	923.8
Palmas de Abajo	25	25.3	1212.6
Cosamaloapan	65	26.1	1249.4
Cuicláhuac	927	20.4	2165.0
Sihuapan	360	24.5	2086.2
Jalcomulco	430	25.1	2132.2
Palo Gacho	67	26.0	931.1
Rancho Las Maravillas	60	26.5	1463.8
Tolome	32	25.2	825.9

Datos de diez años (1974-1983) fueron tomados de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios estudiados.

cálido húmedo con lluvias en verano, isotermal. Suelo dominante, luvisol vértico, textura fina, ligeramente ondulado, Altitud 430 msnm.

Palo Gacho. Región Actopan. Municipio Emiliano Zapata. Area aproximada 2 ha, árboles de 15 años, sin labores de cultivo, establecido a orillas de un arroyo. Suelo dominante, litosol en la margen de un arroyo, textura fina, en pendiente, pedregoso, altitud 67 msnm.

Cosamaloapan. Región Cosamaloapan. Municipio Cosamaloapan. Area aproximada de 5 ha. Árboles de 30 años, efectúan deshierbes manuales. Clima cálido subhúmedo. Suelo dominante fluvisol éutrico, textura media, en plano. Altitud 65 msnm.

Rancho Las Maravillas. Región Cosamaloapan. Municipio Tierra Blanca. Area aproximada de 10 ha. Árboles de 15 años, efectúan deshierbes con maquinaria y fumigaciones foliares. Clima cálido subhúmedo. Suelo dominante, fluvisol éutrico, textura media, en plano. Altitud 65 msnm.

Cuitláhuac. Región Córdoba. Municipio Cuitláhuac. Area aproximada de 0.5 ha. Árboles de 12 años, efectúan deshierbes manuales, huerto familiar. Clima subcálido, lluvias de monzón en verano, isotermal. Suelo dominante, luvisol vértico, textura fina, en plano. Altitud 927 msnm.

Sihuapan. Región San Andrés Tuxtla. Area aproximada de 4 ha. Árboles de 12 años, fertilización al inicio de la plantación, efectúan deshierbes manuales y fumigación foliar anualmente. Clima cálido húmedo, lluvias de monzón en verano. Suelo dominante, luvisol crómico, textura media, plano. Altitud 360 msnm.

Micorrizas en las raíces del mango

Las raíces estudiadas presentaron una suberización con altos contenidos de taninos y apariencia oscura. Se observaron las estructuras típicas de la endomicorriza vesículo-arbuscular (EMVA) de hifas cenocíticas, extra e intracelulares, de diámetro variable, vesículas extra e intercelulares de diferentes tamaños y arbusculos intracelulares en los tejidos radicales con las células intactas. Además de las estructuras típicas de la EMVA, se observó en todos los sitios un tipo de hifa intracelular ramificada, gruesa y septada, terminando en un pequeño ensanchamiento que se consideró micorrízico por encontrarse en tejido no dañado, teñidas de color rosa a rojo, al igual que las estructuras típicas de la EMVA.

En lo referente al porcentaje de colonización, existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los diversos agroecosistemas. Los mayores porcentajes de colonización fueron determinados en Jalcomulco (55.0%), y los menores en Palmas de Abajo (38.2%) (Cuadro 2).

CUADRO 2. Porcentaje de colonización de la endomicorriza vesículo-arbuscular en raíces de mango, y esporas en la rizósfera en diferentes agroecosistemas del estado de Veracruz.

Agroecosistemas	Colonización (%)	Número de esporas por g de suelo seco
Ranchito Las Animas	46.5 ab ^Z	80.0 b
La Esperanza	52.4 a	104.7 ab
Palmas de Abajo	46.4 ab	114.6 ab
Cosamaloapan	43.3 b	133.1 a
Cuitláhuac	55.0 a	127.5 ab
Sihuapan	38.2 b	99.3 ab
Jalcomulco	40.6 b	147.3 a
Palo Gacho	39.6 b	119.8 ab
Rancho Las Maravillas	41.8 b	114.0 ab
Tolome	40.9 b	112.7 ab

^Z Medias con letras diferentes dentro de columnas son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a $P \leq 0.05$.

De esto se infiere, que la diferencia ambiental entre los agroecosistemas influyó en el desarrollo micorrízico. Generalmente, en el muestreo efectuado en la época de lluvias se observó una mayor colonización micorrízica, que correspondió a una etapa de intenso crecimiento vegetativo en los árboles (datos mostrados en Cortés, 1986). En suelos con pH de 6.80 a 7.19 se presentó el mayor porcentaje de colonización que fue de 46.8%. Podrían ser importantes trabajos donde se relacione el grado y/o capacidad de colonización micorrízica en las raíces con algunos efectos fisiológicos que influyan el rendimiento frutícola, para conocer procesos que mejoren la capacidad productiva del mango bajo condiciones ambientales específicas. Otra aplicación de las micorrizas podría ser en viveros de mango para apresurar su crecimiento y desarrollo, en otros frutales ya se ha mostrado la utilidad de las micorrizas en viveros (Ferrera-Cerrato y González-Chávez, 1994). Probablemente, éste sea el primer reporte donde se incluya la presencia de EMVA en un amplio espectro de agroecosistemas de mango 'Manila' en México.

Esporas en la rizósfera.

Del suelo se separaron y observaron diferentes tipos de esporas con características que corresponden a las producidas por hongos que forman la EMVA. En los diez lugares estudiados se encontraron los tres tipos de esporas, excepto cuando se especifica su localización, que fueron: 1. Esporas de 74 a 150 μm de diámetro de color ámbar, con hifa sustentora recta de pared gruesa, correspondiendo al género *Glomus*; en algunos casos en esporocarpos de 2 o más esporas. 2. Esporocarpos redondos de color ámbar a café oscuro con cubierta. Caracterizados por esporas redondas color café, en una capa acomodada en forma radial y en otro caso con las esporas alargadas en forma de paleta, también en una capa simple y en forma radial, que corresponden al género *Sclerocystis*. Se encontraron en Tierra Blanca, Jalcomulco, La Esperanza, Ranchito Las Animas, y Palo Gacho. 3. Esporocarpos de 100 a 250 μm de diámetro, alargadas, con más de tres hifas en un extremo, de pared gruesa rugosa, con esporas pequeñas, lisas, oblongas, de color negro, no identificadas. Además, se encontraron otros tipos de esporas no identificadas debido a la ausencia de la hifa sustentora, su tamaño osciló entre 50 y 250 μm de diámetro, presentando pared lisa y color desde ámbar, café rojizo hasta café oscuro. Para la presencia de esporas en la rizósfera, existió una diferencia significativa entre los diversos agroecosistemas. Siendo la más alta en Jalcomulco, y la más baja en el Ranchito las Animas (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

La presencia de micorrizas es una característica de los agroecosistemas de mango estudiados, y puede especularse que su presencia es generalizada en la mayoría de las huertas de mango en el estado de Veracruz, y en México. El género *Glomus* fue el más difundido, y además fueron identificadas esporas correspondientes al género *Sclerocystis* junto con otras dos no identificadas.

LITERATURA CITADA

- ANON, A. 1991. FAO 1990 Production Yearbook. Vol. 43. United Nations, Rome. 220 p.
- CORTES M., M.M. 1986. Distribución de la endomicorriza vesículo arbuscular en diez agroecosistemas de mango, *Mangifera indica* L., en el estado de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Frutícola. Comisión Nacional de Fruticultura - Escuela Nacional de Fruticultura, SARH. 131 p.
- DE LOS SANTOS DE LA R., F.; R. MOSQUEDA V. 1992. Manila Cotaxtla-1 y Manila Cotaxtla-2, nuevos clones de mango para Veracruz. INIFAP-SARH. 9 p.
- FERRERA-CERRATO, R.; M.C. González-Chávez. 1994. Bioproducción de frutales a nivel de vivero. In: A. Villegas M. et al. Eds. Memorias de la Primera Reunión Internacional y Segunda Nacional sobre Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional. Montecillo, Estado de México, México. pp. 206-222.
- FURLAN, V.; J.A. FORTIN. 1977. Effects of light intensity on the formation of vesicular-arbuscular endomycorrhizas on *Allium cepa* by *Gigaspora calospora*. New Phytologist. 79:335-340.
- HERNANDEZ A., E.; D. TREJO A.; R. FERRERA-CERRATO. 1995. La endomicorriza arbuscular en la sanidad y vigor del café (*Coffea arabica* L.) variedad Catimor. Octava Reunión Científico-Tecnológica Forestal y Agropecuaria del Estado de Veracruz. p. 315.
- LEON-ARTETA, R. 1984. Estudio agroclimático del mango cv. Manila en el estado de Veracruz. Simposium La Investigación, El desarrollo Experimental y la Docencia en CONAFRUT, durante 1983. México.
- LEON-ARTETA, R. 1991. Nueva Edafología Regiones Tropicales y Areas Templadas de México. 2a. Edición. Fontamara. México. 366 p.
- MACEDO A., S.; R. FERRERA-CERRATO. 1981. Infección de la micorriza vesículo-arbuscular (V/A) en diferentes leguminosas, de las localidades que forman el Plan Zacapoaxtla-CP. Puebla, México. XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México. 509-523 p.
- MARONEK, D.F.; J.W. HENDRIX; J. KIERNAN. 1981. Mycorrhizal fungi and their importance in horticultural crop production. Horticultural Reviews. 3: 172-213.

- NIETO M., E. 1978. Caracterización agroclimática de localidades por medio de fichas, diagramas y parámetros. Veracruz, CONAFRUT, Subdirección de Planeación. Departamento Técnico. México. 387 p.
- PENELLA L., J.S. 1967. El mango. Serie Cultivos No. 12. Caracas. 41 p.
- PHILLIPS, J.M.; D.S. HAYMAN. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. British Mycology Society. 55: 158-161.
- WHILEY, A.W. 1984. Mango (*Mangifera indica* L.) In: Page, P.E. Tropical tree fruits for Australia. Brisbane. Queensland Department of Primary Industries. pp. 25-31.
- WILLIAMS, C.N.; W.Y. CHEW.; J.H. RAJARATUM. 1979. Tree and field crops of the wetter regions of the tropics. England. Longman 262 p.