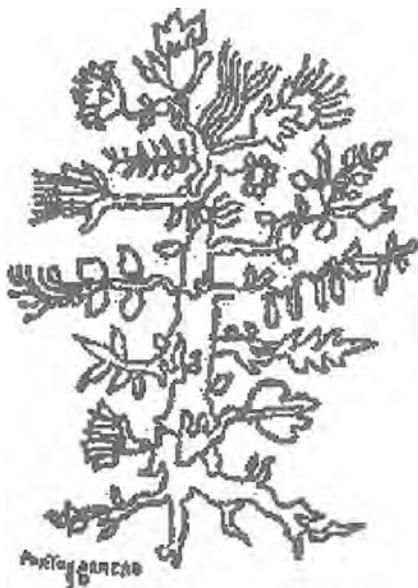
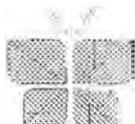


ACTA BOTANICA CUBANA



No. 135

30 de diciembre de 1999



INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA

Dependencia micorrizica de seis leguminosas arbóreas tropicales*

Maria O. OROZCO, Ricardo A. HERRERA, Eduardo FURRAZOLA,
Laudelio LASTRES y Yamir TORRES**

ABSTRACT. Mycorrhizal dependencies of six tropical woody legumes: *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit., *Delonix regia* (Bojer) Raf., *Albizia lebbek* (L.) Benth, *Caesalpinia violacea* (Mill) Standl., *Albizia procera* Benth y *Andira inermis* (Sw) HBK was study. Plants were inoculated with native VAM from two different soils collected from a primary evergreen forest plot (FO) or its neighbor road slope (RS) showing a pseudoclimax early successional vegetation. Experiments lasted 18 weeks in greenhouse conditions. At the end of the trial seven variables were quantified: shoot dry mass (SDM); root dry mass (RDM); VA mycorrhizal dependency (DM); number of nodules per plant (No. Nod.), nodule dry mass per plants (NDM), mycorrhizal root colonization percentage (% CM) and vesicular arbuscular external mycelium mycomasses (AEM). Additionally some seeds characteristics from the plants tested were calculated: seed size, seed dry mass, dry mass of seminal reserves, and dry mass of seed coats. The results showed that in general for five plant species tested all the variables recorded were higher and significantly different when the plants were inoculated with RS soil. That means a better Glomalean fungal fitness present in RS inocula in comparison with FO soil inocula. In the case of *Andira inermis* (Sr.) HBK with a big seed, data showed that this species was more dependent from cotyledon reserves so that negative values of DEP indicate no benefit effects of VAM. A natural nodulation level was found in three of the six species tested. It is interesting to note that the non-inoculated controls (non-mycorrhizae, only leaching added) never presented nodulation. It is an evidence of synergistic effect between VAM inocula and *Rhizobium* bacteria. RS produced also a higher nodule stimulation.

KEY WORDS. Tropical conditions, vesicular-arbuscular mycorrhiza, woody legumes.

INTRODUCCIÓN

Las micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) son una asociación simbiótica que se establece entre un grupo de hongos del suelo pertenecientes al orden Glomales y las raíces de la mayoría de las plantas. La importancia de las MVA para el crecimiento y nutrición de las plantas, fundamentalmente por el papel que desempeñan en los mecanismos de absorción del fósforo, y posiblemente de otros nutrientes, ha sido ampliamente reportado en la literatura especializada (B. Mosse, 1982; Harley y Smith, 1983; Bethlenfálvay, 1992).

Se sabe que cerca del 95% de las especies arbóreas tropicales forman micorrizas MVA (Le Tacon *et al.*, 1989; Zárazate *et al.*, 1993) y dentro de este grupo las leguminosas arbóreas presentan un grado de dependencia micorrizica bastante elevado (Sylvia, 1990; Osonubi *et al.*, 1991). Además este grupo de plantas resultan particularmente importantes por su habilidad para desarrollar asociaciones simbióticas tanto con los hongos de las micorrizas como con las bacterias

*Manuscrito aprobado el 15 de octubre de 1998.

**Instituto de Ecología y Sistemática, Apartado 8029, C.P. 10800, La Habana, Cuba.

fijadoras de nitrógeno de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (Herrera *et al.*, 1993). Por consiguiente el éxito de prácticas agrícolas y silvícolas sostenibles requiere entre otros factores de una mejor comprensión de la ecología de ambos microorganismos en los bosques tropicales.

En la actualidad el manejo de leguminosas arbóreas tropicales en actividades de silvicultura y agroforestería resulta de gran interés por la contribución de estas especies al mantenimiento de la fertilidad de los suelos, la recuperación de áreas erosionadas o en proceso de desertificación, así como con fines energéticos (Danso *et al.*, 1992).

En lo que a estudios con MVA y leguminosas arbóreas se refiere, la mayoría de los ensayos se orientan a analizar el comportamiento de una planta en asociación con cepas de MVA previamente seleccionadas pertenecientes a colecciones de cultivos puros. Sin embargo un nuevo enfoque de la temática ha sido propuesto al estudiar las estrategias del funcionamiento de las MVA en bosques tropicales (Herrera *et al.*, 1994). La idea se sustenta en los elevados valores encontrados al cuantificar los propágulos de MVA en el suelo colectado del talud del bosque, comparables con los hallados en el suelo del bosque primario. En este marco se ha pensado en la utilización de las MVA mediante el trasplante de la biodiversidad nativa de estos hongos (Herrera *et al.*, 1997).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el significado y la efectividad de la inoculación de seis leguminosas arbóreas tropicales con dos suelos de diferentes potenciales de colonización vesículo-arbuscular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Suelo. El suelo utilizado en este ensayo (pH 6.0, P asimilable 16 ppm Bray II) ha sido clasificado genéticamente como sialítico pardo carbonatado con textura arcillo-limosa a loam-arcillosa (Hernández *et al.*, 1988), el mismo fue colectado en el área nombrada "Vallecito" ubicada dentro de la Reserva de la Biosfera de "Sierra del Rosario", localizada en las provincias de Pinar del Río y La Habana en la zona occidental del país. En este lugar se desarrollan estudios ecológicos desde 1974.

El suelo fue tamizado por 2mm, mezclado con arena de cuarzo (1:1 v/v) y la mezcla esterilizada a vapor fluente por 1h. durante tres días consecutivos. Se emplearon las bolsas de polietileno negro de 850 cm³ que se utilizan normalmente en los viveros forestales cubanos.

Tratamientos. Seis leguminosas arbóreas tropicales, *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit., *Delonix regia* (Bojer) Raf., *Albizia lebbeck* (L.) Benth, *Caesalpinia violacea* (Mill) Standl., *Albizia procera* Benth. y *Andira inermis* (Sw.) HBK. fueron empleadas en este estudio. Las especies fueron seleccionadas por ser plantas de interés forestal y por los tamaños de sus semillas se la clasificación de Herrera *et al.* (1997). Las semillas de las diferentes especies (excepto *A. inermis*) fueron sumergidas en agua en ebullición por 30 segundos para eliminar la impermeabilidad al agua que ofrecen las cubiertas seminales (Anónimo, 1983) y posteriormente se colocaron en semilleros con arena estéril. Las semillas de *A. inermis* germinaron naturalmente.

En el momento del trasplante las plántulas uniformemente seleccionadas, fueron inoculadas, empleando como inóculo dos suelos diferentes colectados de un bosque primario (SBO) y del

talud del camino adyacente al mismo (STA) donde crecen plantas heliófilas de estrategias sucesionales tempranas (ambos sitios ubicados en el área de "Vallecito").

Previo a la utilización de ambos suelos como inóculo se les determinó el número de propágulos infectivos de cada suelo por el Método del Número Más Probable (Sieverding, 1991). El número de propágulos/dm³ fue de 86 y 509 para SBO y STA respectivamente (Herrera *et al.*, 1995).

El inóculo consistió en 10 g de suelo colocado directamente en los huecos de siembra practicados en el centro de las bolsas donde fueron sembradas las plántulas. En el caso *A. inermis* se tuvieron en cuenta dos variantes adicionales: presencia y ausencia inducida de los cotiledones. Todos los tratamientos incluyendo los controles sin micorrizas fueron inoculados (10ml por bolsa) con el filtrado del suelo para reintroducir las poblaciones microbianas excepto los propágulos de micorrizas. El filtrado se obtuvo a partir de una mezcla suelo - agua en proporción 1:5 v/v filtrada a través de papel de filtro Whatman no.1. Se utilizaron dos controles estériles sin micorriza: control estéril SBO y control estéril STA, que recibieron los filtrados del suelo de bosque y talud respectivamente. En el ensayo con *A. inermis*, el control estéril sin micorrizas recibió el filtrado proveniente de la mezcla de volúmenes iguales de ambos suelos (control estéril SBO + STA).

Se emplearon 4 réplicas por tratamiento.

Condiciones de crecimiento. Las plantas crecieron por 18 semanas en condiciones de casa de vegetación. La casa de vegetación tiene paredes de malla plástica (0.5mm). La temperatura interna varía entre 23 y 28°C durante la noche, y entre 25 y 38°C durante el día. La humedad relativa varía entre 85 y 95%. Las bolsas fueron colocadas con 10 cm de separación, además se colocaron barreras plásticas de 15 cm de altura para evitar la contaminación entre tratamientos. En este período fueron regadas periódicamente y fertilizadas cada 15 días (15ml por planta), con solución estándar Long Ashton diluida 1/10 y con ajuste del contenido de P a 5ppm.

Mediciones. Al final del ensayo fueron registradas siete variables: masa seca de las partes aérea (MSPA); masa seca de las raíces (MSR); dependencia micorrizica VA (DM); número de nódulos por planta (No. N); masa seca de los nódulos por planta. (MSN); porcentajes de colonización micorrizica VA (%CM) y micomasas de micelio externo VA (MEVA). Adicionalmente, fueron determinadas las siguientes características de las semillas de las diferentes especies de plantas ensayadas: tamaño, masa seca, masa seca de las reservas seminales (embrión, incluyendo endospermo y/o cotiledones) y masa seca de las cubiertas seminales. Para determinar el peso de las semillas se utilizaron 10 muestras de 100 semillas cada una. Se tomaron 5 grupos de 20 semillas a las que se les separaron manualmente las cubiertas seminales del endospermo más embrión.

Los porcentajes de colonización micorrizica fueron determinados según Giovanetti y Mosse (1980), previa tinción de las raicillas por la técnica de Phyllips y Hayman (1970). Para cuantificar el micelio externo, cada muestra (100g de suelo seco) se procesó según Herrera *et al.* (1985).

La Dependencia Micorrizica fue calculada según Pérez-Maqueo (1995) como expresa la siguiente ecuación:

$$DEP = \frac{\text{Plantas Micorrizadas} - \text{Plantas No Micorrizadas}}{X} \times 100$$

X (Media máxima del ensayo)

Las comparaciones entre tratamientos para cada especie y variables estimadas se realizaron mediante ANOVA de clasificación simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de *L. leucocephala*, *D. regia*, *A. lebbeck*, *C. Violacea* y *A. procera* respondieron favorablemente a la inoculación con ambos tipos de suelo (Tabla 1). Se aprecia que para las variables analizadas las plantas inoculadas obtuvieron valores mayores significativamente diferentes ($p < 0.05$) de los controles estériles (no micorrizados). La respuesta de *L. leucocephala* en cuanto a los valores de masa seca de las partes aéreas y subterránea fue comparable a los resultados obtenidos por Habte y Soedarjo (1995) al inocular la misma especie con una cepa de colección de *G. aggregatum*. Nuestros resultados coinciden con el hecho anteriormente reportado por otros autores de que la inoculación con inóculos nativos puede dar resultados tan buenos como la inoculación con cepas aisladas y seleccionadas (Ferrer *et al.*, 1985)

Se conoce que las leguminosas arbóreas responden favorablemente a la inoculación con MVA, y nuestros resultados concuerdan con el comportamiento reportado por otros autores en especies de plantas diferentes (Young 1990; Valdés *et al.*, 1993; Cuenca y Azcón 1994; Ahiabor y Hirata 1994). Adicionalmente para las leguminosas arbóreas ha sido reportada la presencia de MVA en la mayoría de las especies estudiadas, Ragupathy y Mahadevan, (1993), reportan para la familia Fabaceae que de 94 especies estudiadas 62 presentaron colonización MVA en sus raíces.

La efectividad del inóculo del STA fue mayor que la del SBO para todas las variables analizadas (Tabla 1). Lo que sugiere un mejor acoplamiento fúngico de las especies de Glomales presentes en este suelo en comparación con las del suelo del bosque. No se observaron diferencias entre los controles estériles de este modo, las poblaciones microbianas acompañantes de los suelos de ambos sitios (talud y bosque) no difirieron en sus efectos.

El estudio de las comunidades de Glomales presentes en el bosque y el talud vecino (Furrzola *et al.*, 1995) ha demostrado que pueden considerarse 5 especies dominantes en el bosque (*G. microaggregatum*, *G. aggregatum*, *G.* "pardo oscura M", *G.* "parda con papilas" y *G. etunicatum*) y tres en el talud (*G. microaggregatum*, *G. aggregatum*, *G.* "pardo oscura M"). Se consideran como especies dominantes aquellas representadas en una comunidad dada con una frecuencia mayor al 5% del total. Sin embargo aunque la riqueza (número total de especies presentes) es similar par ambos sitios, la composición es diferente. *G. microaggregatum* y *G. aggregatum* dominan más en el talud, llegando el primero a representar más de la tercera parte del número de esporas presentes, es decir se concentra la dominancia, mientras que *G.* "pardo oscura M", *G.* "parda con papilas" y *G. etunicatum* dominan más en el bosque.

En el caso de *A. inermis* en general no se encontraron diferencias entre los tratamientos de inoculación, ni al comparar con el control estéril no micorrizado.

Los porcentajes de colonización micorrízica fueron en general elevados para todas las especies y mayores en las plantas inoculadas con STA. En el caso de *A. lebbeck* se encontraron los mayores

valores con 84% de CM. Resultados similares para esta especie con 80% de CM reportan Ragupathy y Mahadevan, (1993) en estudios realizados en la India. En el caso de *L. leucocephala*, también los valores de % CM siempre son comparables a los encontrados por otros autores (Habte y Soedarjo, 1995).

En el caso de *A. inermis* los % CM no se corresponden con un efecto beneficioso de la simbiosis sobre las variables de productividad evaluadas. Puede decirse que esta especie fue susceptible de infectarse, pero esa infección no fue efectiva para las plantas.

En cuanto a la producción de micomasas de micelio externo puede observarse que la especie de la planta huésped influyó en la producción de hifas externas, obteniéndose los mayores valores para *D. regia* (Tabla 1). La influencia de la planta huésped sobre la producción de micelio externo en las leguminosas ha sido reportada por otros autores (Zhao *et al.*, 1997). No se encontró una relación directa entre las cantidades de MEVA y los %CM, pero se sabe que no existe una relación constante entre el desarrollo intraradical del endófito y la producción del micelio externo (Graham *et al.*, 1982; Abbott y Robson, 1985; Zhao y Ma, 1994).

En tres de las especies de plantas estudiadas: *L. leucocephala*, *A. lebbeck* y *A. procera* se observó nodulación espontánea tanto en las plantas inoculadas con el STA como con el SBO. Sin embargo este comportamiento no se observó en los controles estériles sin micorrizas (a pesar del filtrado de microorganismos del suelo añadido). Este hecho evidencia la presencia de las cepas de *Rhizobium* muy específicas capaces de hacer nodular estas plantas. Sin embargo la presencia de nódulos sólo en los tratamientos inoculados con MVA parece indicar que: o bien se transmiten con las MVA, o bien tienen requerimientos de fósforo que sólo las MVA pueden suplir para su nodulación. Además este comportamiento apoya el efecto sinérgico reportado entre las bacterias del género *Rhizobium* y los hongos MVA por otros autores (Azcón-Aguilar C. *et al.*, 1988; Osunde 1992; Azcón-Aguilar C. y Barea 1992).

La nodulación fue estimulada en las plantas inoculadas con el STA (Tabla 1). Este comportamiento podría deberse a la presencia de cepas de MVA más efectivas para el aporte de fósforo a los *Rhizobium*, o a cantidades de *Rhizobium* mayores en el inóculo de STA que en el de SBO, pero estas reflexiones requieren de comprobaciones experimentales. Herrera *et al.* (1997) también encontraron nodulación espontánea estimulada por la inoculación del STA en plantas de *Samanea saman*.

Los valores alcanzados para la dependencia micorrízica fueron mayores para las plantas inoculadas con STA en comparación con las inoculadas con SBO para todas las especies de plantas ensayadas, excepto *A. inermis* (Tabla 2). Las plantas estudiadas pueden separarse en tres grupos fundamentales:

- 1- *A. procera* y *L. leucocephala* con las menores reservas seminales y las mayores DM.
- 2- *C. violacea*, *A. lebbeck* y *D. regia* con mayores valores de reservas seminales en comparación con las plantas del primer grupo, y menores valores de DM.
- 3- *A. inermis* con los mayores valores de reservas seminales y los valores más bajos de DM.

Las especies de leguminosas arbóreas con las semillas de menor tamaño tienden a mostrar las mayores DM, y viceversa. Este comportamiento coincide con el reportado por Herrera *et al.* (1995) al estudiar la respuesta de otras 23 especies de leguminosas arbóreas a la inoculación

con STA y SFO, donde encontraron que la DM está inversamente asociada con el tamaño de la semilla, particularmente en especies forestales de etapas sucesionales tardías. Es interesante que *A. procera* y *L. leucocephala* (con las menores semillas) tienen las mayores DM (Tabla 2). Por el contrario las plántulas de *A. inermis* son más dependientes de las reservas cotiledonales, por lo que los valores negativos de la DM indican que la infección MVA, no está reportando beneficios para la planta.

En el experimento con *A. inermis*, originalmente diseñado para estudiar la respuesta de esta especie con y sin cotiledones, sucedió que una vez eliminados los cotiledones muy pocas plantas sobrevivieron en todos los tratamientos, lo que constituye una evidencia de que al menos en los primeros estadios del desarrollo de esta especie es dependiente de las reservas cotiledonales (Herrera *et al.*, 1997).

Las relaciones entre el tamaño de la semilla y el establecimiento de las especies arbóreas ha sido abordado por diferentes autores (Foster y Janson, 1985; Bonfil, 1998; Milberg *et al.*, 1998). Sin embargo directamente relacionado con el funcionamiento de las MVA, no aparecen muchos datos publicados. Janos, (1975b) argumenta que muchas especies características de etapas sucesionales tardías son predominantemente dependientes de las micorrizas, y estas especies tienen semillas de gran tamaño. Faltaría apuntar que este comportamiento puede ser diferente durante las etapas tempranas del desarrollo de las plántulas (como en el caso de *A. inermis*) y este hecho es de gran importancia para el manejo de las especies de interés forestal en la fase de vivero.

No obstante, la respuesta de las plantas leguminosas a la inoculación con MVA, es el resultado de complejas interacciones, en que además del tamaño de la semilla, habría que tener en cuenta las tasas fotosintéticas y la dinámica de colonización de las plántulas entre otros factores.

Los resultados presentados subrayan la importancia del estudio de las comunidades de los hongos del orden Glomales con el objetivo de alcanzar una comprensión integral de las estrategias de las MVA y su funcionamiento en los bosques tropicales.

Adicionalmente la inoculación de las especies forestales con los inóculos nativos más promisorios podría ser instrumentada y facilitaría la aplicación de estos biofertilizantes en los viveros forestales. El empleo de esta "ecotecnología" es un paso obligatorio en el empeño de lograr un medio ambiente más conservado, donde se minimice el uso de fertilizantes químicos. Estos aspectos ecológicos son parte del reto que enfrenta una sociedad empeñada en lograr una mejor calidad de vida.

Agradecimientos. El autor principal agradece a la Fundación Internacional para la Ciencia el financiamiento de esta investigación a través del donativo D/0790-3F. También a las compañeras Maritza Portier y Esther Collazo por la ayuda técnica. Finalmente queremos expresar nuestro agradecimiento a los técnicos del Centro de Estudios Ecológicos de Sierra del Rosario por su valiosa cooperación en la colecta del suelo empleado en este ensayo.

REFERENCIAS

- Abbott L. K. y A. D. Robson. 1985: Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular fungi. *New Phytol.* 99, 245-255.
- Ahiabor B. D. y H. Hirata. 1994: Characteristic responses of three tropical legumes to the inoculation of two species of VAM fungi in Andosol soils with different fertilities. *Mycorrhiza* 5, 63-70.
- Anónimo 1983: *Manual de semillas*. Facultad de Ingeniería Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río, Cuba, 92 pp.
- Azcón-Aguilar C. y J. M. Barea. 1992: Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. In *Mycorrhizal Functioning. An Integrative Plant-Fungal Process*. Eds. M. F. Allen, Chapman and Hall. pp 163-198. New York.
- Azcón-Aguilar C., J. M. Barea y J. Olivares. 1988: Simbiosis *Rhizobium-leguminosa*. In *Biología Vegetal*. Libros de Investigación y Ciencia (Scientific American) pp 56-65. Barcelona. España.
- Bethlenfalvay G. J. 1992: Mycorrhizae in the agricultural plant-soil system. *Symbiosis* 14,413-425.
- Bonfil C. 1998: The effect of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fabaceae). *American Journal of Botany* 85 (1), 79-87.
- Cuenca G. y R. Azcón. 1994: Effects of ammonium and nitrate on the growth of vesicular arbuscular mycorrhizal *Erythrina poeppigiana* O.I. Cook seedlings. *Biol Fertil Soils* 18, 249-254.
- Danso S. K. A., G. D. Bowen y N. Sanginga. 1992: Biological nitrogen fixation in trees in agro-ecosystems. *Plant and Soil* 141, 177-196.
- Ferrer F., R. A. Herrera, A. Cárdenas y M. Ruíz. 1985: Dependencia micorrízica de *Hibiscus elatus* Sw. y *Cedrelela mexicana* M. J. Roem cultivadas en condiciones de vivero. En: *Ciclo Lectivo sobre el tema Técnicas de Investigación en micorrizas*, CATIE. Turrialba, Costa Rica, 18-28 Sept. de 1985. IFS. Informe Provisional no. 18, 272-281.
- Foster S. A. y H. J. Charles. 1985: The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants. *Ecology* 66 (3), 773-780.
- Furrazola E., R. A. Herrera, S. L. González, R. L. Ferrer y L. Hernández. 1995: Diversidad del orden Glomales (hongos micorrizógenos), en un bosque tropical. En *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XII, Diversidad Biológica*. Ed. M Monasterio. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, Evolución y Procesos Sociales. Mérida.
- Giovanetti M. y B. Mosse. 1980: An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84, 489-500.
- Graham J. D., R. G. Linderman y J. A. Menge. 1982: Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal *Glomus* sp.p. in relation to root colonization and growth of Troyer citrange. *New Phytol.* 91, 183-189.

- Habte M. y M. Soedarjo. 1995: Limitation of vesicular-arbuscular mycorrhizal activity in *Leucaena leucocephala* by Ca insufficiency in an acid Mn-rich oxisol. *Mycorrhiza* 5, 387-394.
- Harley J. L. y S. E. Smith. 1983: *Mycorrhizal Symbiosis* Academic Press, London.
- Hernández A., L. Menéndez, E. García. 1988: Los suelos de la Reserva. En *Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba*. Eds. R A Herrera, L. Menéndez, M E Rodríguez y E E García. Proyecto MAB No. 1, 1974-1987. ROSTLAC, Montevideo, Uruguay. Capítulo 5, pp. 88-109.
- Herrera M. A., C. Salamanca y J. M. Barea. 1993: Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified mediterranean ecosystems. *Appl. E. Mic.* 59 (1), 129-133.
- Herrera R. A., A. Rodríguez y E. Furrázola. 1986: Método para determinar la biomasa de micelio extramático vesículo-arbuscular. En: *Ciclo-Lectivo sobre el tema Técnicas de Investigación en micorrizas*, CATIE. Turrialba, Costa Rica, 18-28 Sept. de 1985. IFS. Informe Provisional no. 18, 197-207.
- Herrera R. A., E. Furrázola, A. R. Valdez, Y. Torres, S. L. González, R. L. Ferrer, F. Fernández y L. Hernández. 1994: Strategies of VA Mycorrhizae for Tropical Forest Functioning, Succession and Competition. I.F.S., Final Report of I.F.S. Grant D/251-3 "Vesicular Arbuscular Mycorrhizae (VAM) as an Aid to Afforestation".
- Herrera R. A., E. Furrázola, A. R. Valdés, Y. Torres, R. L. Ferrer y F. Fernández. 1995: Estrategias de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. En *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XII, Diversidad Biológica*. Ed. M. Monasterio. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, Evolución y Procesos Sociales. Mérida.
- Herrera R.A., D.R. Ulloa, O. Vladés-Lafont, A. G. Priego, y A. R. Valdés. 1997: Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity. *Nature & Resources* Vol. 33, No. 1, 2-17.
- Janos D. P. 1975b: Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth on lowland tropical rainforest trees. In: *Endomycorrhizas*. Eds. F. E. Sanders, B. Mosse and P. B. Tinker. pp 437-446. Academic Press, London
- Le Tacon F., J. Garbaye, A. Ba, A. F. Beddiar, O. Diagne y H. G. Diem. 1989: L'importance des symbioses racinaires pour les arbres forestiers en zone tropicale seche et en zone tropicale humide. En *Trees for Development in Sub-Sahara Africa*. International Foundation for Science (IFS).
- Pérez-Maqueo, O. M. 1995: Análisis del efecto de los disturbios en la dinámica de la playa del Morro de La Mancha, Veracruz. Tesis de Maestro en Ciencias (Ecología y Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. División de Estudios de Posgrado. 102 p.
- Mosse B. 1982: *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Research for Tropical Agriculture*. Res. Bull No.194 Hawaii. Inst. Trop. Agric. and Human Resources, Univ. Hawaii. Honolulu, Hawaii, 82p.