

**ESTUDIO DE LA MICROFLORA SOLUBILIZADORA DE FOSFATOS Y DE  
LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES EN UNA SABANA DE EL  
SOMBRERO, ESTADO GUARICO.**

**STUDY OF THE PHOSPHATE SOLUBILIZING MICROFLORA AND  
ARBUSCULAR MYCORRHIZA IN A SAVANNA LOCATED IN EL  
SOMBRERO, GUARICO STATE.**

Toro, M.<sup>1</sup>, A. Alba<sup>2</sup>, E. Casanova<sup>2</sup>, y A. Salas<sup>2</sup>.

1. Laboratorio de Estudios Ambientales, Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas 1041, Apartado 47.058, Correo electrónico: mtoro@strix.ciens.ucv.ve  
Telefono: 605 1305 Fax: 605 1204
2. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Maracay, Universidad Central de Venezuela.

RESUMEN

Con la finalidad de estudiar los organismos relacionados con la solubilización y captación del Fósforo del suelo en una sabana tropical, se tomaron muestras rizosféricas de los principales cultivos de una sabana localizada en El Sombrero, Estado Guárico: *Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*. Las muestras fueron tomadas en la estación húmeda del año 1.997 y en ellas se cuantificó la microflora total y las bacterias y hongos solubilizadores de fosfatos (fosfato cálcico y de la roca fosfórica Riecito). También se realizaron determinaciones relacionadas con la presencia de las micorrizas arbusculares (MA). El número de esporas de hongos formadores de MA y la diversidad de especies fue mayor en la rizósfera de maíz. También lo fueron el número de hongos y bacterias solubilizadores de ambos fosfatos. Se realizó un test del Número más Probable utilizando como hospederos las plantas *Sorghum vulgare* y *Phaseolus vulgaris*, para determinar el poder infectivo de los propágulos de la MA en el suelo de sabana. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los potenciales infectivos registrados para ambas plantas, lo cual indica que estas mostraron el mismo nivel de sensibilidad a ser colonizadas por los propágulos de MA. Se identificaron ocho especies de hongos formadores de MA, típicos de suelos ácidos tropicales. Se discute sobre las implicaciones agronómicas de estos resultados para los sistemas agrícolas estudiados.

SUMMARY

In order to study organisms related to phosphorus uptake, solubilization and the phosphate status of a tropical savanna soil, rhizospheric samples were taken in 1997 from *Zea mays* and *Phaseolus vulgaris* crops in a savanna area of El Sombrero in Guárico State, Venezuela. Samples were taken during the rainy season to determine the abundance of P-solubilizing bacteria and fungi in relation to total soil microflora. Arbuscular mycorrhiza (AM) determinations such as the number of mycorrhizal fungi spores and species number were also carried out in each rhizospheric sample. Both parameters showed that maize rhizosphere was rich in P-solubilizing fungi, bacteria and AM spores abundance and diversity. A Most Probable Number Test to determine Arbuscular Mycorrhizal status was used to compare the propagules infective potential on *Sorghum vulgare* and *Phaseolus vulgaris*. No statistical differences were found between the plant species indicating that both showed the same degree of sensibility to the kind of A.M. propagules that predominate in these soils. Eight A. M. fungal species typical from tropical acid soils were identified. Agronomic implications of these results are discussed.

**Palabras Clave:** Suelos ácidos, Solubilización de fosfatos, Micorrizas Arbusculares, Sabanas, Microflora, Rizósfera, Agricultura sostenible

**Keywords:** Acid Soils, Phosphate Solubilization, Arbuscular Mycorrhiza, Savannas, Microflora, Rhizosphere, Sustainable agriculture

## INTRODUCCION

Las sabanas son ecosistemas naturales constituidos fundamentalmente por gramíneas, que ocupan una gran extensión del territorio venezolano. En su mayoría, los suelos de dichas sabanas son ácidos, poseen baja fertilidad y son por lo general de los órdenes Oxisol, Ultisol ó Entisol, en los que el contenido de P y N es muy bajo. Esto incide en su baja productividad, encontrándose que por ejemplo, algunas sabanas del Estado Amazonas poseen una productividad de solo 2 Ton. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (López-Hernández y col., 1997). Para el manejo agrícola de estos sistemas se ha recomendado la aplicación de las rocas fosfóricas, fertilizantes fosforados de lenta liberación que se producen en yacimientos naturales en nuestro país. Las rocas fosfóricas se solubilizan espontáneamente en los suelos ácidos favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos, sin embargo, parte del Fósforo (P) solubilizado puede fijarse nuevamente en el suelo quedando de forma no disponible. Una manera de aumentar la eficiencia de la captación del P del suelo por la planta la constituye la presencia de las micorrizas arbusculares (MA). Las MA son simbiosis mutualistas presentes en la mayoría de las especies vegetales que incrementan la superficie de captación de nutrientes de la raíz, particularmente de aquellos elementos de muy lenta movilidad en el suelo como el P (Jeffries y Barea 1994). Las MA pueden incrementar la nutrición fosforada de las plantas al actuar de forma sinérgica con otros organismos del suelo como ciertos hongos y bacterias que pueden solubilizar roca fosfórica, fosfato cálcico y otras fuentes fosforadas (Toro 1996). Este trabajo se realizó con la finalidad de estudiar la presencia de las MA y de microflora solubilizadora de roca fosfórica y/o fosfato cálcico en una sabana ubicada en El Sombrero, Estado Guárico como un primer paso para evaluar las posibilidades de manipular estos microorganismos para el desarrollo sostenido de las sabanas venezolanas.

## MATERIALES Y METODOS

**Determinaciones en suelo.** Se seleccionó como zona de estudio la Finca La Marinera, ubicada en las cercanías de El Sombrero, Estado Guárico, en la zona centro-norte de Venezuela. En esta finca se siembran anualmente los cultivos de

maíz (lluvia) y frijol (verano). En consecuencia, el maíz es fertilizado con las fórmulas comerciales de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) todos los años y se aprovecha el efecto residual de dicha aplicación para el cultivo del frijol. El suelo ha sido clasificado taxonómicamente como Oxic haplustalf. Para la caracterización general del suelo se tomaron cinco muestras, a una profundidad entre 0 y 20 cm, a las que se realizaron las siguientes determinaciones: pH en H<sub>2</sub>O, análisis textural mediante el Método del Bouyucos, análisis de materia orgánica (%), así como el contenido de Fósforo disponible y de los elementos K, Ca, Na y Mg según la metodología descrita en TSBF Handbook of Methods (1989). Los resultados se expresan en la Tabla 1.

**Cuantificación de organismos solubilizadores de roca fosfórica y fosfato de calcio en la rizosferas de frijol y maíz.** Se tomaron 5 muestras de suelo rizosférico de los cultivos predominantes en la sabana: *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays*. Para la cuantificación de los microorganismos con actividad solubilizadora de fosfatos se tomó 1 g de suelo proveniente de cada una de las muestras, y se realizan diluciones seriadas, en condiciones de esterilidad. Se siembran 0.1 mL de la dilución en placas de Petri con un medio específico para el aislamiento de organismos solubilizadores de fosfato cálcico. El medio está conformado por 0.1 g Asparagina, 0.5 g extracto de levadura y 0.5 g de fosfato cálcico diluidos en extracto de maíz (Toro 1996). En el caso de la determinación de solubilizadores de roca fosfórica se mantienen todos los componentes y se sustituye el fosfato cálcico por la roca fosfórica Riecito. Según se vaya a determinar hongos ó bacterias solubilizadores de fosfatos el medio descrito va adicionado de 150 µg/mL de cicloheximida ó sulfato de estreptomycin respectivamente. Posteriormente se incubaron las muestras a 28°C durante cuatro días ó más. El hongo ó bacteria solubilizadora de fosfatos se elige por tener alrededor de la colonia, un halo de aclaramiento indicativo de que se ha solubilizado la fuente fosforada utilizada (Ramos y Callao 1967). Luego cada organismo se aisló cultivándolo aparte para su posterior identificación.

**Determinaciones sobre las micorrizas arbusculares. Potencial infectivo de las MA.** Para esta determinación se realizó un test del Nú-

**Tabla 1.** Análisis del suelo de la sabana de El Sombrero, con siembras de frijol y maíz (1997)

Rizósfera	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Textura	pH (1:1) Agua	Materia orgánica (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)
Frijol	20.4	46.8	32.8	Franco	4.62	2.31	53	101	156	43	114
Maíz	16.4	50.8	32.8	Franco/ limoso	4.74	1.85	85	50	215	19	74

mero Más Probable (Sieverding 1991). Se realizaron diluciones seriadas del suelo de sabana (tamizado a 2 mm) sin esterilizar, teniendo como base el mismo suelo estéril. Las diluciones, realizadas en proporción 1:5 para obtener un volumen final de 250 g, contienen los propágulos infectivos de las MA autóctonas del suelo de sabana: esporas de los hongos formadores de MA, micelio y raicillas colonizadas por los mismos hongos. Luego de colocar en cada maceta la dilución respectiva, se siembran plantas hospederas en macetas de 250 g, cuyas raíces pueden ser colonizadas por los propágulos autóctonos de la sabana. Se utilizaron como hospederos las plantas: *Phaseolus vulgaris* y *Sorghum vulgare* (1 individuo/maceta). Luego de seis semanas se cortó la parte aérea y se realizó la tinción de las raíces según la metodología de Phillips y Hayman (1970) y se cuantificó el % longitud de raíz colonizada por MA (%LRC) según Giovannetti y Mosse (1980) en las raíces de los hospederos utilizados.

**Cuantificación de las esporas de hongos formadores de MA.** Se tomaron cinco muestras de cada una de las rizósferas de maíz y frijol y se procedió a la extracción de las esporas de los hongos formadores de MA, según la metodología de filtración húmeda y decantación (*Anatomy Workshop Handbook*, 1993). Posteriormente, las esporas se separaron mediante centrifugación y un gradiente de sacarosa y se cuantificaron utilizando un microscopio estereoscópico, expresándose la cantidad total de esporas cuantificadas por 100 g/ peso seco de suelo.

**Identificación de las esporas de hongos formadores de MA.** Se establecieron diez macetas trampa de 2 kg de suelo para reproducir las esporas de los hongos formadores de MA. Se utilizaron como hospederas cinco plantas de *Sorghum vulgare* y cinco de *Phaseolus vulgaris*, colocán-

dose una planta por maceta. Las plantas se mantuvieron por un lapso de seis meses y se les adicionó mensualmente 25 mL de la solución nutritiva descrita por Hepper y O'Shea (1984). En los inóculos resultantes se estudiaron los diferentes tipos de esporas fúngicas para su identificación en base a las características físicas como tamaño, forma, color y tipos de paredes, según la metodología descrita por Shenck y Pérez (1987).

**Análisis Estadísticos.** Las muestras se analizaron mediante un test de ANOVA, con una probabilidad de  $p=0.05$ , para identificar diferencias entre las medias poblacionales. En los casos en que se encontraron diferencias, se aplicó un test de Duncan para las diferencias significativas entre los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Determinaciones microbiológicas de las rizósferas de frijol y maíz.** El análisis microbiológico (Tabla 2) de las muestras rizosféricas estudiadas no mostró diferencias significativas a nivel de microflora total, indicando que ambas rizósferas muestran en general la misma riqueza microbiana. Se observaron diferencias, aunque no significativas, en los contenidos de hongos y bacterias solubilizadores de los fosfatos utilizados, constituyendo los primeros un poco más de la mitad de la microflora total determinada. Es particularmente notable la ausencia de hongos solubilizadores de fosfato cálcico en la rizósfera de plantas de frijol. El maíz es conocido por la riqueza de exudados radicales en su rizósfera (Laheurte y Berthelin, 1986; Lalonde y Col., 1991), lo que incide directamente en el alto número total de organismos determinado, y se manifestó de forma particular en grupos funcionales como los solubilizadores de fosfato cálcico y roca fosfórica.

**Tabla 2.** Cuantificación de la microflora total, hongos y bacterias solubilizadores de fosfato cálcico y roca fosfórica (Riecito) en las rizósferas de maíz y frijol ubicadas en una sabana de El Sombrero durante la época de lluvia (1997). (ufc: unidades formadoras de colonias)

	Rizósfera de Maíz (ufc/g suelo seco)	Rizósfera de Frijol (ufc/g suelo seco)
Microflora Total	$1.7 \times 10^7$	$2.0 \times 10^7$
Hongos P-Cálcico	$1.7 \times 10^4$	---
Hongos Roca Fosfórica (Riecito)	$4.0 \times 10^5$	$5.6 \times 10^4$
Bacterias P-Cálcico	$7.2 \times 10^5$	$1.7 \times 10^4$
Bacterias Roca Fosfórica (Riecito)	$1.1 \times 10^5$	$4.5 \times 10^4$

El test de Duncan no arrojó diferencias significativas entre estos parámetros

**Potencial infectivo natural de las micorrizas arbusculares.** Los propágulos infectivos de micorrizas arbusculares incluyen básicamente a las esporas de hongos formadores de MA, las raicillas de plantas colonizadas por MA y el micelio del hongo que sale de las raíces y explora el suelo circundante (Jeffries y Barea 1994). La determinación del potencial infectivo de MA permite verificar cuán importante es la capacidad de colonización sobre las raíces de las plantas utilizadas como hospedero, de cada uno de estos propágulos presente en el sistema evaluado. Por lo tanto, da una idea de cómo sería la colonización de las plantas por las MA al sembrarse en el suelo estudiado.

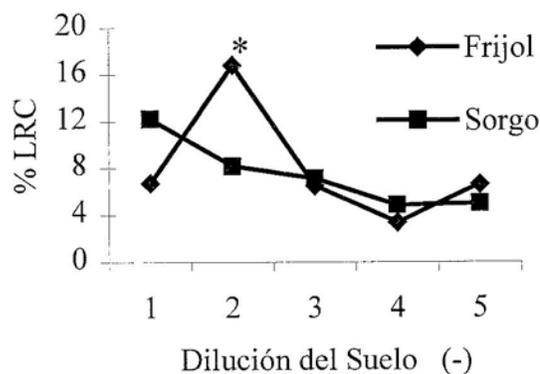
El estudio del potencial infectivo del suelo de sabana (Tabla 3) mostró un número bastante bajo de propágulos de micorrizas arbusculares (2-3 propágulos/ 100 g suelo seco).

**Tabla 3.** Número de propágulos infectivos de micorrizas arbusculares presentes en el suelo de una sabana de El Sombrero durante la época de lluvia (1997) y cuantificados en *Sorghum vulgare* y *Phaseolus vulgaris*

	<i>Sorghum vulgare</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>
No. de propágulos infectivos / 100 g de suelo seco (/ 100 g suelo)	2.58	3.40

Los valores no difieren significativamente entre sí de acuerdo al Test de Duncan para  $P=0.05$ .

Sólo se observaron diferencias significativas entre las dos plantas para la segunda dilución utilizada (ó dilución 2), en la que las plantas de frijol mostraron una colonización significativamente mayor por MA (Figura 1).



**Figura 1.** % de longitud de raíz colonizada por micorrizas arbusculares para frijol y sorgo según el método de Número más Probable. (\* Valores significativamente diferentes para  $p= 0.05$  según Test de Duncan)

En otros ecosistemas estudiados como las sabanas naturales de Colombia, el número de propágulos oscilaba entre 36 y 2.506 por 100 g de suelo seco (Sieverding 1991). Un número de propágulos de MA adecuado o alto, a partir del que puede obtenerse una buena colonización de MA en las plantas, sería de unos 21.000 propágulos/100 g suelo seco (contenido en inóculos de invernadero). Ello evidencia la necesidad de incrementar este parámetro en el caso de que estas sabanas se manipularan con fines agrícolas y se desarrollara la tecnología de la inoculación con propágulos de micorrizas arbusculares. El bajo valor de infectividad obtenido en esta sabana podría explicarse por el hecho de que este es un sistema en el que se realizan prácticas de cultivo convencional, como la fertilización y labranza. Este manejo afecta a los propágulos de la MA, ocasionando la ruptura del micelio del hongo externo a la raíz y afectando la calidad de las esporas (Vivekanandan y Fixen 1991). Requena (1996) observó que el micelio externo es uno de los propágulos más efectivos en la colonización de las raíces en suelos erosionados o perturbados. La aplicación de la labranza estaría incidiendo directamente en los resultados de infectividad obtenidos, al ser un agente de ruptura del micelio externo y disminuir su potencial de coloniza-

ción radical (Jasper y Col., 1989). Quedarían en el suelo como principales propágulos las esporas y las raicillas infectadas, las primeras, en muchos casos consideradas como el principal propágulo infectivo de la MA. Sobre este punto habría que profundizar estudios que permitan concluir sobre la efectividad de los diferentes propágulos de MA presentes en este ecosistema.

**Diversidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares.** Se observaron diferencias significativas entre las dos rizósferas estudiadas en relación a la cantidad de esporas y diversidad de especies de los hongos formadores de MA, siendo la rizósfera de maíz la que mayores valores mostró en los parámetros mencionados (Tabla 4).

**Tabla 4.** Cantidad y diversidad de esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares cuantificadas en las rizósferas de maíz y de frijol ubicadas en una sabana de El Sombrero durante la época de lluvia (1997).

	Rizósfera de maíz	Rizósfera de frijol
Cantidad de esporas (No. de esporas/ 100 g suelo seco)	94 a	39 b
Diversidad (Tipos de esporas)	6 a	3 b

Letras diferentes, dentro de la misma línea, indican diferencias significativas según el Test de Duncan para  $P=0.05$

Al igual que en el caso de la microflora total y demás organismos solubilizadores de fosfatos, la riqueza de exudados del maíz podría incidir positivamente en los resultados obtenidos para el número de esporas de hongos formadores de MA y la diversidad de éstos (Laheurte y Berthelin 1986). La alta micotrofia de esta planta explicaría el mayor número de esporas y diversidad encontrada en relación al frijol.

En una observación y clasificación general de los hongos reproducidos en las macetas trampa se pudo determinar que en la rizósfera de frijol las especies predominantes eran: *Acaulospora appendicula*, *Glomus fecundisporum* y *Glomus occultum*. En tanto que en la rizósfera de maíz, además de las especies mencionadas pudo también observarse a las especies *Acaulospora* sp. (con características de *Acaulospora mellea*), *Acaulos-*

*pora scrobiculata*, *Acaulospora spinosa*, *Glomus etunicatum*, y *Scutellospora* sp.

De las especies encontradas, *A. appendicula*, *G. fecundisporum*, *G. occultum*, *A. mellea*, *A. scrobiculata* y *A. spinosa* se han encontrado en suelos ácidos tropicales (Schenck y Perez 1987). La especie *Glomus etunicatum* es descrita como cosmopolita, ya que ha sido observada en una amplia gama de ecosistemas del mundo. Los individuos observados del género *Scutellospora* sp., no pudieron ser identificados hasta especie, pero muchas esporas de este género se han encontrado en suelos tropicales (Shenck y Pérez 1987; Sieverding 1991).

A pesar de que el número de esporas encontrado en la rizósfera de maíz fue bastante alto en relación a otros sistemas estudiados (Requena, 1996), ello no es necesariamente indicativo de que todas las esporas sean efectivas en la colonización de las raíces de los cultivos a sembrar en el sistema estudiado. Como se mencionó anteriormente, las prácticas agrícolas aplicadas pueden afectar la calidad y viabilidad de éstas esporas (Vivekanandan y Fixen 1991). Es interesante resaltar los resultados de Porter (1979), quien observó que la determinación del Número Más Probable de propágulos de la MA arrojaba valores más reales al ser determinada como la capacidad de colonización en raíces de los propágulos autóctonos, que el número de esporas presentes. Es recomendable profundizar estudios en este sentido que permitan verificar la efectividad y calidad de cada uno de estos propágulos en la sabana estudiada.

## CONCLUSIONES

La riqueza microbiana de las rizósferas depende de la especie vegetal considerada. Este resultado se presentó tanto para los microorganismos estudiados por su capacidad de solubilizar fosfatos como para las especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares. El alto número de solubilizadores de fosfatos conseguido permite pensar que bajo manejos adecuados, tanto éstos, como las Micorrizas Arbusculares podrían actuar de forma sinérgica en estos ecosistemas favoreciendo la nutrición fosforada de las plantas.

Los bajos valores del potencial infectivo de MA registrados indicarían la necesidad del manejo agrícola sostenido y conservacionista de estos sistemas. Esto podría realizarse, entre otras formas, mediante la siembra y rotación de cultivos de micotrofia creciente (Toro y López Hernández 1997), que con el tiempo ocasionaría un incremento del número de propágulos infectivos de micorrizas arbusculares y el enriquecimiento progresivo y/o recuperación del potencial micorrízico natural de esta sabana. La diversidad de especies de hongos formadores de MA registrada facilitaría las prácticas agrícolas sostenibles recomendadas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto sobre Roca Fosfórica financiado por la Agencia Internacional de Energía Atómica que se desarrolla en el Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV, Maracay. Agradecemos a los Dres. Ricardo Herrera y Eduardo Furrázola (Academia de Ciencias de Cuba) por la identificación de las especies de hongos formadores de Micorrizas Arbusculares.

---

## LITERATURA CITADA

---

### ANATOMY WORKSHOP HANDBOOK.

1993. Ninth North American Conference on Mycorrhiza University of Guelph. Ontario Canada. Ed. L. Melville. P. 156

### GIOVANNETTI, M. Y B. MOSSE.

1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84: 489-500

### HEPPER, C Y J. O'SHEA.

1984. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in lettuce (*Lactuca sativa*) in relation to calcium supply. *Plant and Soil*, 82: 61-68

### JASPER, D.A., A.D. ROBSON Y L. ABBOTT.

1989 Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 112: 93-99.

### JEFFRIES, P. Y J.M. BAREA.

1994. Biogeochemical cycling and arbuscular mycorrhizas in the sustainability of plant-soil systems pp. 101-115. In S. Gianinazzi y H. Schüepp (ed.): *Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems*. Birkhäuser Verlag Basel/ Suiza.

### LAHEURTE, F. Y J. BERTHELIN.

1986. Interactions between endomycorrhizas and phosphate solubilizing bacteria: effects on nutrition and growth of maize. Mycorrhizae: physiology and genetics- Les Mycorrhizes: physiologie et genetique 339-343

### LALANDE, R., N. BISONNETTE, N. COUTLEE, D. Y H. ANTOUN.

1991. Identification of rhizobacteria from maize and determination of their plant-growth promoting potential. *Plant and Soil*, 115: 7-11

### LOPEZ-HERNANDEZ, D., M.P. GARCIA-GUADILLA, F. TORRES, P. CHACON, Y M. PAOLETTI.

1997. Identification, characterization and preliminar evaluation of Venezuelan Amazonian production systems in Puerto Ayacucho savanna-forest ecotone. *Interciencia*, 22: 307-314.

### PHILLIPS, J.M. Y D. HAYMAN

1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of The British Mycological Society*, 55: 158-161

### PORTER, W.M.

1979. The «Most Probable Number» Method for enumerating infective propagules of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal fungi in soil. *Australian Journal of Soil Research*, 17: 515-519.

### RAMOS, A Y V. CALLAO

1967. El empleo de solubilización de fosfatos en placa como técnica diferencial bacteriana. *Microbiología Española*, 20: 1-2

### REQUENA, N.

1996. Exploración de la diversidad microbiana (hongos de la micorriza arbuscular-Rhizobium-Rizobacterias) en un ecosistema mediterráneo desertificado, dirigida a una estrategia de revegetación. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España. 316 pp.

### SCHENCK, N.C. Y I. PEREZ.

1987. Manual for the identification of VA Mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville, 245 pp.

### SIEVERDING, E.

1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza: management in tropical agrosystems. GTZ, GmbH, Heidelberg, Alemania. 371 pp.

*TORO, M.*

1996. Interacción de bacterias solubilizadoras de fosfatos y micorrizas arbusculares en la optimización del uso de rocas fosfóricas y su evaluación mediante la aplicación de técnicas isotópicas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España. 193 pp.

*TORO, M Y D. LOPEZ HERNANDEZ.*

1998. Potencialidades del manejo de las Micorrizas Arbusculares para el desarrollo sostenido de los sistemas agrícolas de bajos insumos del ecotono sabana-bosque amazónico. Páginas 222-227. En: Carrillo, R.J. (Compilador). 1998. Memorias del IV Congreso Interamericano sobre el medio ambiente realizado en Caracas, Venezuela, entre el 8 y 11 de diciembre de 1997. Colección Simposia.

*ANDERSON, J.M. Y T. INGRAM*

1989. TSBF. Tropical Soil Biology And Fertility: A Handbook Of Methods. J.S.I. C.A.B. International, U.K. p. 171.

*VIVEKANANDAN, M. Y P.E. FIXEN.*

- 1991 Cropping systems effects on mycorrhizal colonization, early growth and phosphorus uptake of corn. *Soil Science Society American Journal* ,55: 136-140