

# POTENCIAL MICORRÍZICO DE SUELOS SOMETIDOS A DIFERENTES USOS

**Israel Rocha<sup>1</sup>; María Gabriela González<sup>1,2</sup> y Jhoen Atencio<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” (UNESUR), Santa Bárbara de Zulia, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela, <sup>2</sup>Laboratorio de Suelos UNESUR, [isrrarochoa007@gmail.com](mailto:isrrarochoa007@gmail.com); [gonzalezma@unesur.edu.ve](mailto:gonzalezma@unesur.edu.ve); [atencioj@unesur.edu.ve](mailto:atencioj@unesur.edu.ve)

## RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto del tipo de uso de los suelos (cacao, caoba, pasto, palma aceitera y bosque secundario) sobre el potencial micorrízico, se realizó un muestreo de suelo y raíces en cada uno de los sistemas de interés. A partir de esas muestras se determinó y comparó la densidad de esporas de hongos micorrízicos arbusculares, porcentaje de colonización micorrízica y el número más probable (NMP) de propágulos viables capaces de formar colonización micorrízica en los suelos. El número de esporas fue significativamente mayor en el bosque secundario (5.848 esporas/100 g de suelo seco<sup>-1</sup>). La colonización micorrízica y el NMP de propágulos viables fueron relativamente altos en todos los sistemas, a pesar del alto contenido de fósforo disponible. Quizás la presencia de especies vegetales micotróficas y el poco manejo agronómico hayan permitido revertir los efectos adversos que pudiese tener el cambio de uso de la tierra sobre el potencial infectivo de esos suelos.

**Palabras claves:** potencial micorrízico, uso del suelo, agroecosistemas, bosque secundario.

## INTRODUCCIÓN

En la zona sur del lago de Maracaibo, como en gran parte del territorio venezolano, se ha producido un cambio en el ecosistema natural como respuesta a la sustitución de los bosques naturales por cultivos con fines agrícolas, forestales y pecuarios (Romero y Monasterio, 1995). La hacienda La Glorieta no es la excepción, y casi la totalidad de su superficie, que anteriormente estaba cubierta por exuberantes bosques (Méndez y González, 1984), hoy está destinada a la producción de cultivos como el cacao, musáceas, palma africana, caoba y pastizales.

La falta de una planificación de uso y manejo de los suelos puede conllevar a una disminución de la capacidad productiva de este importante recurso, con su consecuente daño a los microorganismos del suelo, muchos de los cuales tienen un alto potencial biotecnológico, como es el caso de los hongos formadores de micorrizas arbusculares HMA. Estos hongos correspondientes al Phylum Glomeromycota (SchüBler, 2001) establecen asociaciones simbióticas, generalmente mutualistas, con más del 80% de las plantas, favoreciendo la absorción de nutrientes, especialmente fósforo, la protección de las plantas contra el ataque de patógenos, la estructura del suelo y el balance hídrico (Smith y Read, 1997; Rillig y Mummey, 2006). Todos estos efectos beneficiosos que tales microorganismos proporcionan al crecimiento y producción de las plantas y a la salud del suelo, sugieren que el éxito de un programa de manejo dentro del contexto de una agricultura sustentable puede depender del uso adecuado del potencial micorrízico de un suelo. De allí, la necesidad de realizar estudios que permitan determinar el estado actual del

potencial micorrízico del suelo, en aras de analizar la posibilidad de utilizar los propágulos nativos de HMA presentes en esos suelos y, a su vez, determinar la necesidad o no de reforzar la población natural con inoculaciones de HMA introducidos (Sieverding, 1991). El potencial micorrízico usualmente se determina midiendo el número de esporas, porcentaje de colonización micorrízica en raíces, número más probable (NMP) de propágulos infectivos y el micelio externo (Sieverding, 1991; Morton *et al.*, 1993). Dada las limitaciones de tiempo y recursos, en el presente estudio no se consideró el micelio externo como una variable indicadora del potencial micorrízico de los suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en la unidad de producción “La Glorieta”, situada entre los 08° 58′ 51,9” de latitud Norte y los 71° 55′ 21,9” de longitud Oeste, en Santa Bárbara de Zulia, municipio Colón del estado Zulia, a una altura de 4 msnm (MARNR, 1981). Esta zona presenta suelos muy jóvenes, de mediana a alta fertilidad, formados por materiales arrastrados y depositados por los ríos Chama y Escalante (MARNR, 1981). En cuanto al clima, Huber y Alarcón (1988) la clasifican como bosque siempre verde. La Glorieta pertenece a la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, ocupa una superficie de 286 hectáreas, de las cuales 62 están destinadas a la producción agrícola (cacao, caoba, palma aceitera), 152 a la producción pecuaria (pastizales), 60 de bosque secundario con 18 años de regeneración y 12 destinadas a otros usos.

Las principales especies arbóreas que componen el bosque secundario son: *Pachira quinata*, *Pithecellobium saman*, *Hura crepitans*, *Castanea sativa*, *Crescentia cujete*, *Quercus robur* (González y Torres, 2002). La plantación de caoba tiene 10 años de establecida, ocupa una superficie de 10 hectáreas. El cacao tiene 21 años de establecido, ocupa una superficie de 3 hectáreas; manejadas como un sistema agroforestal, y las especies establecidas son: *Teobroma cacao*, *Musa sapientum*, *Calocarpum mammosum*, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*. Los pastizales tienen 19 años de edad y las principales especies de pasto son: *Panicum maximum*, *Brachiaria mutica*, *Echinochloa polystachya*, *Brachiaria humidicola*. La palma aceitera tiene 14 años de establecida y abarca una superficie de 49 hectáreas. En la actualidad estos cultivos no reciben manejo agronómico.

### Muestreo de suelo y variables analizadas

Siguiendo un diseño aleatorio sistematizado, en cada uno de los sistemas objeto de estudio (bosque secundario, cacao, caoba, palma aceitera y pastizal), se tomaron 10 muestras simples de suelo superficial (0-25 cm de profundidad) y 10 muestras de raíces de las plantas hospederas con mayor abundancia. Las muestras de suelo fueron almacenadas en bolsas plásticas a temperatura ambiente y a la sombra, por menos de 15 días, tiempo en el cual se procedió a realizar el aislamiento y conteo de las esporas de HMA, empleando el método de tamizado húmedo y posterior centrifugación en sacarosa de Sieverding (1991). Este aislado se preservó en ázida sódica al 0,05% (Morton *et al.*, 1993) hasta su posterior conteo. Finalmente, las esporas se transfirieron a una placa con surcos (Placa de Doncaster) para proceder a realizar el conteo, en el microscopio estereoscópico, considerando solo las esporas que lucían intactas y sin ataque microbiano aparente.

Las muestras de raíces se llevaron al laboratorio y al día siguiente se lavaron con abundante agua para eliminar restos de suelo y proceder a su respectivo clareado y tinción

(Phillips y Hayman, 1970). Una vez teñidas las raíces, se tomaron segmentos de aproximadamente 2 cm y se montaron en portaobjetos para la cuantificación del porcentaje de colonización micorrízica, arbusculos y vesículas, siguiendo el método de McGonigle *et al.* (1990).

Además se estableció un bioensayo bajo condiciones de invernadero para determinar el NMP de propágulos viables de HMA en el suelo, según la metodología propuesta por Sieverding (1991), la cual consiste en establecer, siguiendo un diseño aleatorio, series de suelo diluidas por cuadruplicado y cinco repeticiones. Se sembró una semilla pregerminada/vaso de maíz como planta hospedera. El bioensayo tuvo una duración de cuatro semanas, tiempo a partir del cual se procedió a realizar la cosecha para evaluar las raíces, considerando solo la presencia o ausencia de la colonización micorrízica. Finalmente, se realizó el cálculo del NMP de propágulos infectivos según la fórmula propuesta por Sieverding (1991).

#### **Análisis de algunas características físicas y químicas de los suelo**

Se analizaron algunas propiedades físicas y químicas de los suelos, entre ellas: textura por el método de Bouyoucos (Day, 1965); pH: se midió en una mezcla 1:2,5 (suelo:agua o suelo:KCl 1N), de acuerdo a Jackson (1976); nitrógeno total: se cuantificó mediante el método de microkjeldahl; Fósforo disponible: se extrajo según el método de Olsen (1954) y su determinación se realizó según Murphy y Riley (1962); materia orgánica: según el método de Walkey y Black de acuerdo a Jackson (1976).

#### **Análisis estadístico de los datos**

Los datos obtenidos se evaluaron mediante un ANOVA. Previó al ANOVA, se aplicó el test de homogeneidad de varianza de Bartlett y en los casos en que las varianzas no fueron homogéneas, el número de esporas fue transformado logarítmicamente ( $\log 10$ ) y los datos de porcentaje de infección micorrízica fueron transformados por el arcoseno. Se utilizó un test a posteriori de comparación de medias de Tukey ( $\alpha 0,05\%$ ). Los datos fueron procesados con el programa Statistica (versión 99).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **a) Análisis de los suelos**

Los suelos de todos los sistemas estudiados resultaron ser ácidos, con efectos apreciables de salinidad, de textura arcillosa, con bajo contenido de nitrógeno (N) y materia orgánica (M.O), excepto los suelos de la plantación de caoba que obtuvieron contenido medio de M.O y los suelos del bosque secundario que mostraron contenidos de N de bajo a medio (Tabla 1). El contenido de P disponible en el pastizal resultó ser medio, mientras que en la palma, cacao, caoba y bosque secundario fue muy alto (Tabla 1).

**Tabla 1. Algunas características físicas y químicas de los suelos estudiados**

Sistema	Textura	pH		Conductividad	%M.O	P disponible	
		H <sub>2</sub> O	KCL			( $\mu\text{g/g}$ )	%N
Palma	Arcillosa	4,83	4,34	0,32	1,00	51,2	0,09
Cacao	Arcillosa	5,12	4,53	0,24	0,67	43,8	0,07
Caoba	Arcillosa	5,03	4,51	0,35	3,35	51	0,06
Pasto	Arcillosa	4,65	4,17	0,63	1,34	30,6	0,04
Bosque secundario	Arcillosa	5,29	4,77	0,52	2,01	40,2	0,11

### b) Densidad de esporas e infectividad de los suelos

El número de esporas de HMA fue significativamente mayor en el bosque secundario en relación a los suelos bajo palma, caoba y pasto, pero no con respecto a los suelos bajo cacao (Tabla 2). Esta respuesta posiblemente se deba a que en La Glorieta la plantación de cacao se maneja como un sistema agroforestal (combina especies de interés forestal con especies de interés frutal). La alta diversidad de especies vegetales presentes en el bosque secundario y en el cultivo de cacao pudo haber favorecido el desarrollo de las comunidades de HMA (Johnson y Wedin, 1997).

En base a estos resultados se pudiese especular que los diferentes tipos de uso agrícola, pecuario y forestal que se le dan a los suelos de La Glorieta pudiese estar afectando negativamente el potencial infectivo del suelo. Sin embargo, el número de esporas/100 g de suelo seco es alto en todos los sistemas, especialmente si se le contrasta con otros sistemas evaluados en estudios previos. Por ejemplo, Lovera y Cuenca (2007), al comparar la densidad de esporas en una sabana natural con respecto a una perturbada observaron que esta variable era mayor en la Sabana no perturbada (100- 200 esporas/100 g de suelo seco) que en la perturbada (10-50), cuyos valores son muchísimo más bajos a los encontrados en el presente estudio, a pesar de tratarse de un ecosistema natural. Es posible que la presencia de especies vegetales altamente micorrízicas en los suelos de La Glorieta, aunado a la poca o casi nula intensidad de manejo haya favorecido el desarrollo de los propágulos infectivos de los HMA, permitiendo revertir los efectos adversos que pudiese tener el cambio de uso de la tierra sobre el potencial infectivo de los suelos.

El NMP de propágulos viables capaces de formar colonización micorrízica en los suelos fue más alto en el sistema caoba, presentando 419,34 organismos infectivos por 100 g de suelo seco con 896,1 propágulos infectivos, como límite de confianza superior y 196,2, como límite de confianza inferior (95%). En contraste, los suelos del cacao presentaron el número más probable de propágulos infectivos más bajo (Tabla 2). El NMP obtenido en los sistemas caoba y bosque secundario, son mucho más altos que los reportados por Kalinohff *et al.* (2009) para un sistema de conuco, barbecho y bosque secundario (220,8; 204,3 y 17 NMP/100 g de suelo seco, respectivamente). Quienes además, señalan que la presencia de yuca amarga (una especie altamente micotrófica) fue un factor determinante en el mantenimiento de los HMA nativos en el sistema de conuco y barbecho, mientras que la presencia de especies poco micorrízicas en el bosque secundario justificaron el bajo número de propágulos infectivos observados en ese sistema. En consecuencia, el alto contenido de propágulos micorrízicos infectivos que presentaron todos los sistemas estudiados, especialmente la caoba y el bosque, apoyan la hipótesis de que la presencia de especies vegetales altamente micorrízicas en esos sistemas favorecieron el restablecimiento de las poblaciones de tan importante recurso biotecnológico con el que cuentan esos suelos, como lo son los hongos micorrízicos arbusculares.

**Tabla 2. Densidad de esporas y Número más probable (NMP) de propágulos micorrízicos infectivos en suelos con diferentes tipos de uso agrícola**

Sistema	Número de esporas de HMA/100 g de suelo seco*	Propágulos infectivos/100 g de suelo seco <sup>-1</sup> (95% intervalo de confianza)
Palma	2391 ± 792 a	71,38 (3,40-152,54)
Cacao	2955 ± 497 ab	53,4 (24,99-114,1)

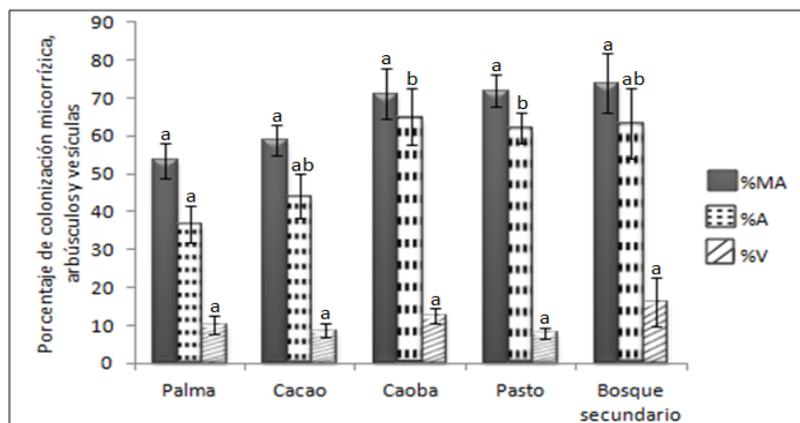
Caoba	2285 ± 472 a	419,34 (196,2-896,1)
Pasto	1990 ± 221 a	122,7 (57,42-262,2)
Bosque secundario	5848 ± 1180 b	362,7 (169,7-775,1)

\* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para  $p \leq 0,05$ . Los valores son las medias de 10 réplicas ( $\pm$  ES).

### b) Colonización micorrízica

La colonización micorrízica fue relativamente alta en todos los sistemas evaluados y no se observaron diferencias significativas entre ellos (Figura 1). El porcentaje de arbuscúlos también fue alto en todos los sistemas, siendo significativamente mayor en el pasto y la caoba, con respecto a la palma, pero no en relación al bosque y al cacao (Figura 1). En relación al porcentaje de vesículas no se apreciaron diferencias significativas entre los distintos sistemas (Figura 1). Estos resultados llaman la atención, pues contrario a lo que se pudiese esperar (Smith y Read, 1997) el alto contenido de fósforo disponible presente en los suelos objeto de estudio no inhibió el establecimiento y desarrollo de la simbiosis micorrízica.

El no observar diferencias estadísticas en los porcentajes de colonización, a pesar que la densidad de esporas fue mayor en el bosque secundario, no es de extrañar puesto que las esporas constituyen solo uno de los propágulos infectivos de los HMA (Morton *et al.*, 1993). Este alto porcentaje de colonización, observado en todos los sistemas, pudiese estar sugiriendo la presencia de especies vegetales altamente micorrízicas o la presencia de especies de HMA muy infectivas (Johnson y Wedin, 1997), sería entonces interesante evaluar a futuro la efectividad natural de esos suelos, en aras de determinar si existen especies de HMA eficientes, en términos de promover el crecimiento, absorción de fósforo y producción de la planta hospedera, las cuales pudiesen ser aisladas para producir biofertilizantes que permitan favorecer el crecimiento y producción de plantas de interés agrícola de una forma más amigable con el ambiente. Tales estudios son importantes, puesto que una alta capacidad para establecer y desarrollar la simbiosis micorrízica no necesariamente es un indicador de que las especies de HMA presentes en esos sistemas sean efectivas (Sieverding, 1991).



**Figura 1.** Porcentaje de colonización micorrízica, arbuscúlos y vesículas en muestras de raíces colectadas en suelos sometidos a diferentes tipos de uso (palma, cacao, caoba, pasto y bosque secundario). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para  $p \leq 0,05$ . Los valores son las medias de 10 réplicas ( $\pm$  ES).

## CONCLUSIONES

El alto contenido de fósforo disponible en los suelos estudiados no inhibió la presencia, establecimiento y desarrollo de la colonización micorrízica. Por el contrario, en los suelos estudiados existen especies de HMA altamente infectivas.

El potencial micorrízico de los suelos sometidos a diferentes usos en la unidad de producción La Glorieta es alto.

Es posible que la presencia de especies vegetales muy micotróficas y el poco manejo agronómico hayan permitiendo revertir los efectos adversos que pudiese tener el cambio de uso de la tierra sobre el potencial infectivo en los suelos sometidos a diferentes usos en la unidad de producción La Glorieta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In: *Methods of Soil Analysis. Part I. Agronomy*. Black, C.A. (Ed.), Pp. 545-567. ASA-SSSA. Madison. Wisconsin. USA.
- González, F.; Torres, B. 2002. Inventario florístico de las especies arbóreas presentes en la Hacienda La Glorieta. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero de la Producción Agropecuaria. UNESUR. Santa Bárbara de Zulia, Venezuela, pp. 91.
- Huber, O.; Alarcón, C. 1988. *Mapa de vegetación*. M.A.R.N.R. Caracas-Venezuela.
- Jackson, M.L. 1976. *Análisis químico del suelo*. 3ª edición. Editorial Omega S.A. Barcelona.
- Johnson, N.C.; Wedin, D. 1997. Soil carbon, nutrients, and mycorrhizae during conversion of dry tropical forest to grassland. *Ecological Applications* 171-182.
- Kalinhoff, C.; Cáceres, A.; Lugo, L. 2009. Cambios en la biomasa de raíces y micorrizas arbusculares en cultivos itinerantes del Amazonas Venezolano. *Interciencia* 34 (8): 571-576.
- Lovera, M.; Cuenca, G. 2007. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia* 32(2): 108-114.
- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables). 1981. *Estudio de los suelos semidetallado. Sector Río Mucujepé "Río Escalante zona Sur del Lago de Maracaibo"*. Serie informes técnicos zona 5-IT-156. Pp. 118-119.
- McGonigle, T.P.; Millar, M.H.; Evans, D.G.; Fairchild, G.L. y Swan, J.A. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115: 495-501.
- Méndez, E.; González, F. 1984. El Sur del Lago de Maracaibo: visión integral y proposiciones para su desarrollo. Impreso por: Universidad Sur del Lago "UNISUR", Santa Bárbara de Zulia, Venezuela. pp. 135
- Morton, J.B.; Bentivenga, S.P.; Wheeler, W.W. 1993. Germplasm in the international collection of arbuscular and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. *Mycotaxon* 48:491-528.
- Murphy, J.; Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphore in natural waters. *Analytical Chemistry Acta* 27: 31-36.
- Olsen, S.R.; Cule, C.V.; Watanale, F.S.; Dean, L.A. (1954). Estimation of available phosphorus en sones by extracton with solution bicarbonate. U.S. Dept. Arg. Pág. 939.
- Phillips, J.M.; Hayman, D.S. 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.
- Rillig, M.C.; Mummey, D.L. (2006). Mycorrhizas and Soil Structure. *New Phytologist* 171: 41-53.
- Romero, L.; y Monasterio, M. (1995). "El Ecosistema Selvático del Sur del Lago de Maracaibo y sus temas de Reemplazo". Balance de una transformación. Centro de Investigaciones Ecológicas de Los AndesTropicales. Universidad de Los Andes. Mérida.
- Schübler, A.; Schwarzott, D. y Walker, Ch. 2001. "A new Fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and Evolution. *Mycological Research*". 105: 1413-1421.
- Sieverding, E. 1991. *Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems*. Technical Cooperatoin, Federal Republic of Germany. Eschborn. Pág. 371.
- Smith, S.E.; Read, D.J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, Cambridge. pp. 605.