

Nodulación y crecimiento en *Pithecellobium saman* (Jacq.) Merr. y *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. Inoculadas con micorrizas arbusculares (MA)

Roberto Skwierinski¹, María E. Marquina¹, Sonia Morales², Ricardo Herrera³

Universidad de los Andes, ¹Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Laboratorio de Fijación Biológica del Nitrógeno, Mérida-Venezuela. skwierin@ciens.ula.ve / marlu@ciens.ula.ve ²Universidad de los Andes,

³Facultad de Ciencias Departamento de Biología, Centro de Investigaciones Ecológicas los Andes Tropicales (CIELAT), Instituto de Ecología y Sistemática Acc, Ciudad de la Habana-Cuba. E-mail Ecologia@cienai.cu

Recibido 08-03-2000. Aceptado 24-04-2000

Resumen

Se ensayaron 8 cepas de micorrizas MA en *Pithecellobium saman* y *Macroptilium lathyroides* en condiciones asepticas. Los parámetros de nodulación y crecimiento se validaron estadísticamente por el análisis de ANOVA y LSD. Se evidenció la presencia de bacterias rizobiales en los inóculos micorrizicos, los cuales produjeron una mayor cantidad promedio de nódulos por planta en *M. lathyroides* comparada con *P. saman*. Las plantas de *P. saman* inoculadas con MA, *Glomus mosseae* y *Glomus manihotis* portadoras de rizobio (MAR), presentaron la mayor acumulación de biomasa seca tanto en las estructuras individuales (raíz y vástago) como en la biomasa seca total. La simbiosis con los MAR afectó la relación de biomasa seca vástago/raíz (v/r), disminuyéndola en relación a las plantas no tratadas. Esta especie arbórea fue dependiente de la doble simbiosis (MAR), para que expresara un crecimiento significativo en biomasa, en las condiciones de disponibilidad de nutrientes en que se realizó el experimento. Todos los MAR afectaron la longitud radical de manera similar superando al control. En el arbusto *M. lathyroides* solo los MAR de *Entrophospora colombiana* incrementaron ligeramente la biomasa con relación al control. Se puede afirmar que *M. lathyroides* no es dependiente de los MAR utilizados. Los inóculos restantes permitieron un crecimiento similar al control o menor que éste. *E. colombiana* no alteró la v/r en biomasa seca y fue estadísticamente igual a los otros tratamientos, pero sí aumenta la relación v/r en términos de longitud. *Gigaspora rosea* alteró la relación de biomasa aumentándola hasta tres veces.

Palabras clave: *P. saman*, *M. lathyroides*, micorrizas, nodulación, rizobio.

Abstract

Eight mycorrhizae strains were assayed in *Pithecellobium saman* and *Macroptilium lathyroides* under aseptic conditions. Nodulation and growth parameters were statistically validated using ANOVA and LSD analysis. The presence of rhizobial bacteria was evidente in the mycorrhizal inoculants, these produced a greater average quantity of nodules per plant in *M. lathyroides* compared to *P. saman*.

P. saman plants inoculated with MA *Glomus mosseae* and *Glomus manihotis* bearing rhizobium (MAR) showed a greater accumulation of dry matter in the individual structures (shoot and root) as well as in total dry matter. The symbiosis with MAR, affected the shoot / root dry biomass ratio, showing a decrease in relation to the non treated plants. This tree specie was dependant on the double symbiosis (MAR) in order to obtain a significant growth in biomass under the conditions of nutrients availability in which the experiment was carried out. All the MAR affected root lenght in a similar way exceeding the control.

Only the MAR from *Entrophospora colombiana* slightly increased biomass in the shrub *M. lathyroides* in relation to the control. It may be affirmed that these sepecie is not dependant of the utilized MAR.

The rest of the inoculants allowed a similar or lower growth compared to the control or *E. colombiana* did not altered the shoot/root ratio on a dry matter basis and it was statistically the same to the other treatments, but the shoot/root ratio does increase in terms of length. *Gigaspora rosea* altered the biomass ratio showing an increase of up to three times.

Key words: *Pithecellobium saman*, *Macroptilium lathyroides*, mycorrhizas, nodulation, rhizobia.

Introducción

En las últimas décadas se ha mostrado un interés particular por el estudio de las leguminosas arbóreas, especialmente de las regiones tropicales, debido al gran número de especies que en ellas predominan (Vincent, 1974) y su utilidad potencial como forrajeras, alimento para el consumo humano, reforestación, recuperación de suelos, sombra para los cultivos, fuentes maderables y la obtención de carbón (Vincent, 1974, Allen y Allen, 1981). Entre ellas se ha señalado a *Pithecellobium saman* (Jacq.) Merr. (samán) como una leguminosa arbórea de amplia distribución en el trópico y subtropico americano (México, Guatemala, Cuba, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela) (Jiménez, 1992) y en el Oriente de la India (Allen y Allen, 1981). Estas plantas han sido manejadas en combinación con pastos, incrementando los niveles de nitrógeno total en el suelo y el contenido de proteínas de la vegetación herbácea que crecen debajo de ellas (Moreno y Daal, 1988).

En Venezuela (Estado Zulia), esta especie es utilizada como planta de sombra en cultivos de café y complemento alimenticio del ganado durante la época de sequía. Algunas plantaciones naturales se han sometido a una explotación intensa y selectiva, debido a la alta demanda de materia prima de las industrias forestales, así como también se ha empleado la madera en usos domésticos. (Moreno y Daal, 1988) Cabe señalar que plantaciones de samán son manejadas en la Reserva Forestal de Ticoporo (Estado Barinas). Esta especie de gran importancia agroforestal establece una asociación simbiótica con bacterias de la familia Rhizobiaceae, formando nódulos radicales fijadores de nitrógeno atmosférico (Allen y Allen, 1936). En experimentos con suelos de China se reporta también nodulación de esta especie en estudios de campo y cultivos en macetas en suelos no esterilizados (Zhou *et al.*, 1984).

En suelos de Filipinas se ha establecido que el samán es una planta con alta dependencia por las MA, lo cual se demostró por un incremento de biomasa mayor del 40% respecto a plantas no inoculadas con dicho simbiote (Zarate y de la Cruz, 1991). Por otra parte, se ha evidenciado en trabajos preliminares, mediante tinciones radicales que el samán es capaz de establecer una asociación

simbiótica con hongos micorrizicos arbusculares (MA) (Skwierinski *et al.*, 1996)

También en experimentos realizados en suelos de Filipinas se demostró que es una especie con altos requerimientos de fósforo y nitrógeno, pues se han determinado valores entre 60-90 Kg / ha. de fósforo y de 200 Kg N/ha, para promover un incremento significativo del tamaño de las plántulas, biomasa del vástago y biomasa total, así como también una mayor absorción y contenido de nitrógeno. El efecto de la inoculación con cepas efectivas de rhizobio es independiente de los niveles de fertilizantes utilizados e incrementa significativamente el diámetro, la biomasa radical, biomasa del vástago, biomasa total, peso seco de los nódulos y la incorporación de nitrógeno (Castañeto, 1990). En suelos de la India se reportó la nodulación de *P. saman* en suelos no esterilizados o esterilizados e inoculados con aislamientos específicos de rhizobios y fertilizados con 80 Kg/ha de P_2O_5 (Basak y Goyal, 1980).

Se ha evidenciado que semillas de samán, germinadas y cultivadas en condiciones asépticas, tratadas con un inóculo micorrícico, preparado también en las mismas condiciones, pero con esporas de MA, solamente lavadas superficialmente con agua destilada estéril, nodularon, en ausencia de inóculo rhizobial, sugiriendo que las esporas micorrízicas, de alguna manera son portadoras de bacterias de la familia Rhizobiaceae formadoras de nódulos. (Skwierinski y Marquina, 1996).

Este trabajo propone, evidenciar la presencia de bacterias formadoras de nódulos (familia Rhizobiaceae) en diferentes inóculos micorrícicos y establecer comparaciones de la nodulación y el crecimiento en dos leguminosas, *Pithecellobium saman* y *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.

Materiales y Métodos

Material Vegetal

Se usaron semillas de *Pithecellobium saman* colectadas en Caja Seca, Estado Mérida en el año 1996 y *Macroptilium lathyroides*, en El Vigía, Estado Mérida colectadas en el año 1990; está última es una especie herbácea utilizada en rhizobiología por ser

altamente promiscua para rhizobios de zonas tropicales.

Inóculo Micorrízico

Se emplearon 8 cepas de MA: IES -1 *Glomus fasciculatum* (Thaxter) Gerdemann y Trappe emend. Walker y Koske, IES - 2 *Glomus manihotis* Howeler. Sieverding y Schenck, IES -3 *Glomus spurgum* Morton, IES -4 *Glomus aggregatum* Schenck y Smith emend. Koske. IES - 5 *Glomus mosseae* (Nicolson y Gerdemann) Gerdemann y Trappe, IES - 16 *Scutellospora heterogama* (Nicolson y Gerdemann) Walker y Sanders, IES - 19 *Gigaspora rosea* Nicolson y Schenck. IES - 43 *Entrophospora colombiana* Spain y Schenck provenientes del Cepario del Instituto de Ecología y Sistemática del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba.

Germinación de las semillas de *Pithecellobium saman* y *Macroptilium lathyroides*

a. Escarificación y esterilización de las semillas.

Las semillas de samán se escarificaron mecánicamente, durante 5 - 6 horas, luego fueron sometidas a una escarificación química y esterilizadas con un tratamiento de ácido sulfúrico al 50%, por 5 horas, seguida de cinco lavados con agua destilada estéril, e imbibíendolas por 24 horas en agua destilada estéril y agitación continua. Las semillas de *Macroptilium lathyroides*, fueron escarificadas químicamente y esterilizadas superficialmente con ácido sulfúrico al 50 %, por una hora, lavando seguidamente cinco veces con agua destilada estéril.

Las semillas de ambas especies fueron germinadas en cajas de petri conteniendo medio sólido con triptona y extracto de levadura (Medio TY), a 30°C, para seleccionar semillas no contaminadas y sembrarlas en un sistema esterilizado.

b. Trasplante de las semillas germinadas e inoculación con MA.

Para el cultivo se emplearon recipientes plásticos de 1kg de capacidad, con varias perforaciones en el fondo para permitir el drenaje y un agujero central en la tapa, por donde emergió la planta, una

vez crecida ésta, la base del vástago fue rodeada con algodón, de manera de cubrir la apertura, para impedir la entrada de contaminantes en el sistema. La arena lavada y secada durante 48 horas a 100° C, se utilizó para llenar los recipientes plásticos. Todo el sistema fue esterilizado a 120 °C y 1 atmósfera de presión, durante 1 hora / día, por 3 días sucesivos, humedeciendo previamente la arena con una cantidad de agua destilada estéril aproximada a su Capacidad de Campo.

Bajo condiciones asépticas, y después de haber humedecido totalmente la arena con una solución de Hoagland (Epstein,1972), diluida a 1/4 de su concentración original, se colocó debajo del agujero central de la tapa y a una profundidad de 2 cm aproximadamente, 1 gramo de inóculo micorrízico y sobre éste, la semilla germinada, cubriéndola con arena estéril. Además se prepararon los respectivos controles no inoculados. Los recipientes fueron llevados al vivero para permitir el crecimiento de las plantas. Los tratamientos fueron tratados en un diseño de bloques al azar con 2 - 5 réplicas. Los riegos de las macetas se efectuaron cada 15 días con una solución de Hoagland estéril, diluida de la concentración original, alternando con regadíos de agua destilada estéril en la medida en que lo requerían.

Entre los 38 - 40 días de edad de las plantas, se tomaron los resultados de nodulación y se determinó el crecimiento midiendo los siguientes parámetros: número de nódulos, longitud de raíz y vástago, biomasa seca de ambas estructuras en cada tratamiento y biomasa total. Los resultados obtenidos se analizaron estableciendo las diferencias significativas aplicando el análisis de varianza de una vía (AOV) y por el método de la mínima diferencia significativa (LSD) de los promedios como se establece en los resultados.

Resultados

Nodulación en plantas de *Pithecellobium saman* y *Macroptilium lathyroides*

Al cabo de 38 a 40 días se observó la nodulación y crecimiento con relación a un control no inoculado

con micorriza, demostrando que todos los inóculos micorrízicos MA, ensayados en *P. saman* y *M. lathyroides* poseían bacterias pertenecientes a la familia Rhizobiaceae, capaces de formar nódulos radicales en ambos huéspedes, se produjo una mayor capacidad infectiva en el género *Macroptilium*, debido a la formación de un número mayor de nódulos en relación con los presentados en *Pithecellobium saman* (Tabla 1).

Todas las plantas de *P. saman* inoculadas con MA nodularon, presentando un número variable de nódulos según la especie de MA (Tabla 1). El número de nódulos promedio por planta en *P. saman*, presentó una variación desde 1,5 a 6,5. Todos los nódulos eran funcionales usando el criterio de presencia de leghemoglobina. El análisis estadístico de las varianzas no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos.

En *M. Lathyroides* los tratamientos con *Glomus spurgum*, *Glomus fasciculatum*, *Entrophospora colombiana*, *Scutellospora heterogama* poseían la mayor infectividad y no tenían diferencias significativas en el promedio de número de nódulos por planta. Las tres últimas especies superponen sus valores de nodulación con los tratamientos de *Gigaspora rosea* y *Glomus manihotis*. Las plantas de *P. saman* y *M. lathyroides* control (no inoculadas) no desarrollaron nódulos.

Tabla 1.

Promedios de número de nódulos/planta en *P. saman* y *M. lathyroides* en los diferentes tratamientos.

Cepas de MA	<i>P. saman</i> Nº de Nódulos	<i>M. lathyroides</i> Nº de Nódulos
<i>Glomus fasciculatum</i>	6,5 (4) *	7,4 (5) ab
<i>Glomus manihotis</i>	4,4 (5)	5,8 (5) b
<i>Glomus spurgum</i>	4,6 (5)	10,4 (5) a
<i>Glomus aggregatum</i>	1,5 (2)	Nd
<i>Glomus mosseae</i>	5,2 (5)	Nd
<i>Scutellospora heterogama</i>	4,4 (5)	6,4 (5) ab
<i>Gigaspora rosea</i>	3,0 (2)	4,5 (4) b
<i>Entrophospora colombiana</i>	3,0 (1)	7,4 (5) ab
Control	0 (3)	0 (5) c

* El número entre paréntesis indica la cantidad de repeticiones. El análisis de varianzas se realizó por el método AOV con $p=0,0011$ y $F=5,25$. a, b y c indican los grupos de medias sin diferencias significativas entre sí. A *P. saman* no se le realizó análisis de diferencia de las medias pues AOV no indicó diferencias significativas.

Biomasa seca de raíz, vástago y total de *P. saman* y *M. lathyroides*

Todas las plantas de saman, inoculadas con MA tenían una biomasa seca de vástago significativamente mayor respecto al control. La máxima biomasa seca de vástago se presentó en los tratamientos con *G. mosseae*, siguiendo en orden decreciente *G. manihotis*, *S. heterogama*, *G. fasciculatum* y *G. spurgum* (Tabla 2a).

Las plantas tratadas con *G. manihotis* y *S. heterogama* acumularon la mayor biomasa seca radical siendo significativamente similares, siguiendo en orden decreciente de acumulación *G. mosseae*, *G. fasciculatum*, *G. spurgum* y el control. Estos tres últimos tratamientos tenían promedios estadísticamente similares (Tabla 2a).

El tratamiento inoculado con *G. mosseae* presentó la mayor biomasa seca total, siguiendo en orden decreciente los tratamientos con *G. manihotis*, *S. heterogama*, *G. fasciculatum*, *G. spurgum* y el control. (Tabla 2a).

La relación vástago/raíz sobre la base de la biomasa seca resultó ser la más alta en el tratamiento control, valor que podemos considerar como el normal, típico de la especie bajo las condiciones experimentales del presente trabajo. Esta relación tiene un orden en sentido decreciente en los tratamientos con MA: *G. spurgum*, *G. fasciculatum*, *G. mosseae*, *S. heterogama*, *G. manihotis*. Su significancia estadística se puede observar en la Tabla 2a.

Las plantas de *M. lathyroides* tratadas con *E. colombiana* fueron las que presentaron la mayor biomasa seca de vástago, siguiendo en orden decreciente: *S. heterogama*, *G. rosea*, *G. manihotis*, control, *G. spurgum*, *G. fasciculatum*. La significancia estadística se puede observar en la Tabla 2b.

Las plantas tratadas con *E. colombiana* presentaron la mayor biomasa seca radical, le siguen en orden de acumulación de biomasa: el tratamiento control, *G. manihotis*, *S. heterogama*, *G. fasciculatum*, *G. spurgum* y *G. rosea*. La significancia estadística se establece en la Tabla 2b.

Los ensayos con *E. colombiana* acumularon la mayor biomasa seca total, le siguen en orden decreciente los tratamientos con *S. heterogama*, plantas control, *G. manihotis*, *G. rosea*, *G. spurgum* y

Tabla 2a.

Biomasa seca de vástago, raíz, total y relación biomasa seca de vástago raíz de *P. saman*

Cepas de MA	Biomasa seca de vástago (g)	Biomasa seca de raíz (g)	Biomasa seca total (g)	Relación vástago raíz
<i>Glomus fasciculatum</i>	0,195 (4)* b c	0,070 b c	0,265 b c	2,87 b c
<i>Glomus manihotis</i>	0,237 (5) a b	0,143 a	0,380 a b	1,71 c
<i>Glomus spurgum</i>	0,153 (5) c	0,045 c	0,198 c d	3,78 a b
<i>Glomus mosseae</i>	0,303 (5) a	0,118 a b	0,421 a	2,64 b c
<i>Scutellospora heterogama</i>	0,218 (5) b c	0,133 a	0,351 a b	2,08 c
Control	0,050 (3) d	0,008 c	0,058 d	4,85 a

* El número entre paréntesis indica la cantidad de repeticiones.

El análisis de varianza se realizó por el método AOV. En Biomasa seca de vástago $p = 0,0003$ y $F = 7,77$, en biomasa seca de raíz $p = 0,0003$, $F = 7,62$, en peso seco total la $p = 0,0002$ y $F = 8,09$ y en la relación vástago raíz $p = 0,0039$ y $F = 5,0$. Los tratamientos con letra similar, indican que no hay diferencias significativas de las medias.

Tabla 2b.

Biomasa seca de vástago, raíz, total y relación biomasa seca de vástago raíz de *M. lathyroides*

Cepas de MA	Biomasa seca de vástago (g)	Biomasa seca de raíz (g)	Biomasa seca total (g)	Relación vástago raíz
<i>Glomus fasciculatum</i>	0,204 (5)* d	0,097 c	0,301 b	2,10 b
<i>Glomus manihotis</i>	0,316 (5) b	0,128 a b	0,444 a b	1,93 b
<i>Glomus spurgum</i>	0,217 (5) c d	0,096 c	0,313 b	2,28 b
<i>Scutellospora heterogama</i>	0,357 (5) b	0,161 b c	0,518 a b	2,23 b
<i>Gigaspora rosea</i>	0,346 (4) b	0,094 c	0,440 a b	4,58 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	0,487 (5) a	0,240 a	0,727 a	2,54 b
Control	0,303 (5) b c	0,188 a b	0,491 a b	1,67 b

*El número entre paréntesis indica la cantidad de repeticiones en todos los valores de la tabla.

El análisis de varianza se realizó por el método AOV. En Biomasa seca de vástago $p = 0,00$ y $F = 8,40$, en biomasa seca de raíz $p = 0,001$, $F = 4,83$, en peso seco total la $p = 0,00$ y $F = 8,33$ y en la relación vástago raíz $p = 0,002$ y $F = 3,06$. Los tratamientos con letra similar, indican que no hay diferencias significativas de las medias.

G. fasciculatum. El análisis estadístico del experimento se establece en la Tabla 2b.

La relación vástago/raíz del tratamiento inoculado con *G. rosea* presentó el valor más alto comparado con el control y los tratamientos con las restantes cepas de MA. Estos últimos forman un grupo estadísticamente similar.

Relación de biomasa total en *P. saman* y *M. lathyroides* respecto a sus controles

Todos los tratamientos de samán, inoculados con MA superan la biomasa seca total del control, desde 2,7

veces en las plantas inoculadas con *G. rosea*, hasta 7 veces en el tratamiento con *G. mosseae*.

En *M. Lathyroides* la mayor relación se observó en las plantas tratadas con *E. colombiana* 1,48 y la menor en *G. fasciculatum* 0,61 (Tabla 2c).

Longitud de vástago y raíz de *P. saman* y *M. lathyroides*

Las plantas de samán inoculadas con *G. mosseae* presentaron la mayor longitud promedio del vástago, siguiendo en orden decreciente las tratadas con *G. fasciculatum*, *G. spurgum*, *G. manihotis*, *S.*

Tabla 2c.

Relación de biomasa total en plantas de *P. saman* y *M. lathyroides* inoculadas con MA respecto a sus controles.

Cepa de MA	<i>P. saman</i> Relación biomasa seca total del tratamiento con MA respecto al control	<i>M. lathyroides</i> Relación biomasa seca total del tratamiento con MA respecto al control
<i>G. fasciculatum</i>	4,56	0,61
<i>G. manihotis</i>	6,55	0,90
<i>G. spurcum</i>	3,41	0,63
<i>G. mosseae</i>	7,25	Nd
<i>S. heterogama</i>	6,05	1,05
<i>G. rosea</i>	Nd	0,89
<i>E. colombiana</i>	Nd	1,48
Control	1,00	1,00

heterogama y por último el control. La longitud radical en todos los tratamientos con MA tenían un valor promedio similar, separándose del control de manera significativa (Tabla 3a).

La longitud total presentó resultados parecidos al de la raíz, todas las plantas tratadas con MA forman un grupo de promedios similares, separándose del control de manera estadísticamente significativa (Tabla 3a).

El tratamiento control y las plantas inoculadas con *G. mosseae* conforman un grupo que presentó el mayor valor de la relación vástago/raíz siguiendo en orden decreciente los tratamientos con MA de *G. spurcum*, *G. fasciculatum*, *G. manihotis* y *S. heterogama*.

Los tratamientos con *E. colombiana* presentaron la mayor longitud promedio del vástago le siguen en orden decreciente las plantas inoculadas con *S. heterogama*, *G. manihotis* y el control, luego los tratamientos con *G. spurcum*, *G. fasciculatum* y *G. rosea*. La mayor longitud de la raíz se produjo en el control, siguiendo en orden decreciente los tratamientos con *S. heterogama*, *G. manihotis*, *G. fasciculatum*, *G. spurcum* y *E. colombiana* (Tabla 3b). La mayor longitud total se observó en los tratamientos inoculados *S. heterogama*, le siguen en orden de crecimiento el control, *G. manihotis*, *G. rosea*, *E. colombiana*, *G. fasciculatum* y *G. spurcum*. Las últimas dos formando un grupo de promedios estadísticamente similares.

Los tratamientos con *E. colombiana* tenían la mayor relación vástago/raíz, formando un grupo de similitud diferenciado de los otros tratamientos y el control. Estos últimos a su vez forman un grupo de promedios similares entre sí.

Discusión

Los inóculos de MA ensayados en *P. saman* y *M. lathyroides* poseen bacterias pertenecientes a la familia Rhizobiaceae, capaces de formar nódulos radicales en ambos huéspedes, incrementándose la capacidad infectiva del inóculo en *M. Lathyroides*, que es considerada una especie promiscua para la nodulación y presentó un mayor número de nódulos en relación con *P. saman*. *G. spurcum* resultó ser la

Tabla 3a.

Crecimiento en longitud del vástago, raíz, longitud total y relación vástago raíz de *P. saman*

Cepas de MA	Longitud de vástago (cm)	Longitud de raíz (cm)	Longitud total (cm)	Relación vástago raíz
<i>Glomus fasciculatum</i>	11,05 (4)a b	7,07 a	18,13 a	1,58 b c
<i>Glomus manihotis</i>	9,30 (5)b c	7,40 a	16,70 a	1,27 c d
<i>Glomus spurcum</i>	10,66 (5)a b	6,04 a	16,70 a	1,75 a b
<i>Glomus mosseae</i>	12,70 (5)a	5,82 a	18,52 a	2,18 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	8,02 (5)c d	7,70 a	15,66 a	1,08 d
Control	6,26 (3)d	3,13 b	9,40 b	2,28 a

*El número entre paréntesis indica la cantidad de repeticiones en todos los valores de la tabla. El análisis de varianza se realizó por el método AOV. En longitud de vástago $p = 0,0008$ y $F = 6,51$, en longitud de raíz $p = 0,0044$, $F = 4,81$, en longitud total la $p = 0,0006$ y $F = 4,41$ y en la relación de longitud vástago raíz $p = 0,0002$ y $F = 8,15$. Los tratamientos con letra similar, indican que no hay diferencias significativas de las medias.

Tabla 3b.
Crecimiento en longitud del vástago, raíz, longitud total y relación vástago/raíz de *M. lathyroides*.

Cepas de MA	Longitud de vástago (cm)	Longitud de raíz (cm)	Longitud total (cm)	Relación vástago/raíz
<i>Glomus fasciculatum</i>	21,02 (5) * c	13,92 a b c	34,74 b	1,52 b
<i>Glomus manihotis</i>	24,10 (5) b c	14,20 a b c	38,30 a b	1,70 b
<i>Glomus spurcum</i>	21,52 (5) c	12,06 c	33,58 b	1,84 b
<i>Scutellospora heterogama</i>	26,20 (5) a b	15,20 a b	41,40 a	1,74 b
<i>Gigaspora rosea</i>	20,40 (4) c	12,50 b c	35,40 a b	1,86 b
<i>Entrophospora colombiana</i>	27,90 (5) a	7,40 d	35,30 a b	3,87 a
Control	23,80 (5) b c	15,84 a	39,64 a b	1,54 b

*El número entre paréntesis indica la cantidad de repeticiones en todos los valores de la tabla. El análisis de varianza se realizó por el método AOV. En longitud de vástago $p = 0,0021$ y $F = 4,71$, en longitud de raíz $p = 0,0001$ $F = 6,96$, en longitud total la $p > 0,05$ por lo que no se realizó análisis de las medias y en la relación de longitud vástago/raíz $p = 0,000$ y $F = 19,58$. Los tratamientos con letra similar, indican que no hay diferencias significativas de las medias.

especie más infectiva en *M. Lathyroides*. Todas las especies de MA probadas en *P.saman* tienen la misma infectividad, el análisis estadístico estableció que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. En ambas especies los nódulos eran funcionales de acuerdo al criterio de presencia de leghemoglobina en ellos. Por conveniencia de ahora en adelante, denominaremos MAR al inóculo de MA portador de rhizobio.

En relación con la biomasa seca de raíz y vástago en los diferentes tratamientos con inóculos de MAR, en *P. saman*, se observó un aumento en ambas estructuras comparado con las plantas no inoculadas y también se refleja en la biomasa seca total. *G. mosseae* y *G. manihotis* permitieron la mayor acumulación de biomasa tanto en las estructuras individuales y en la total, sin embargo, *S. heterogama* también promovió una mayor acumulación de biomasa total similar a las MAR antes mencionadas. Resultados similares han sido reportados para *Pithecellobium saman* usando *Glomus etunicatum*, *G. macrocarpum* y *Gigaspora margarita* (Zarate, 1991) y en otras especies como: *Glicine max* (AbdelFattah, 1997, Frey y Ellis, 1997), *Manihot esculenta* Crantz (Balota et.al. 1997), *Zea mays* L. (Khaliq y Sanders, 1997), *Prosopis juliflora* Swartz (Sidhu y Behl, 1997), *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub., *Vigna radiata* (L.) Wilczek y *Vigna aconitifolia* (Jacq.) Marechal (Tarafdar and Rao, 1997) *Lens esculenta* L.cv Laird (Xavier and Germida, 1997).

En las plantas de *P. saman* todos los tratamientos tenían un crecimiento mayor que las plantas no inoculadas, demostrando que esta especie es dependiente de la doble simbiosis (MAR) para que exprese un crecimiento significativo, en las condiciones de disponibilidad de nutrientes en que se realizó el experimento (Zarate, 1991) Los inóculos de *G. mosseae*, *G. manihotis* y *S. heterogama* junto con el rhizobio que portan, son los MAR más efectivos en promover una mayor acumulación de biomasa seca para esta especie, aunque los otros inóculos también son parcialmente efectivos.

En *M. Lathyroides* solo los MAR de *E. colombiana* incrementa ligeramente la biomasa con relación al control. Los otros inóculos provocan una disminución de la acumulación de biomasa, indicando que para esta especie la doble simbiosis o uno de los simbioses es inefectivo. Se puede afirmar que *M. lathyroides* no es dependiente de los MAR en las condiciones experimentales probadas.

En *P. saman*, la simbiosis con MAR, afectó la relación de biomasa seca vástago/raíz (v/r), disminuyéndola en relación a las plantas no tratadas, esto se debe entre otras causas, al gasto energético de la planta para el mantenimiento de la doble simbiosis que implica un incremento en el transporte de fuentes carbonadas desde las hojas a las raíces (Graves et. al. 1997).

En *M. lathyroides*, el inóculo de *E. colombiana* (MAR), promovió el mayor crecimiento de la parte

aérea, radical y biomasa seca total, sin alterar de manera notoria la v/r con respecto al control. *G. fasciculatum* (MAR) afectó el crecimiento disminuyendo los tres parámetros utilizados para el análisis, sin modificar la relación v/r. Los otros MAR probados solo alteran parcialmente estos parámetros. *G. rosea* (MAR) es significativo por alterar la v/r casi tres veces con respecto al control. Para las condiciones de suministro de nutrientes minerales en que se realizaron los experimentos, la doble simbiosis afecta poco el crecimiento de *M. lathyroides*, a excepción del MAR de *E. colombiana*.

La longitud del vástago, de la raíz y la total de las plantas de *P. saman* tratadas con MAR, se incrementaron en comparación con el control, acompañados de un aumento de la biomasa seca, de manera diferente a una alteración de estos parámetros ocasionados por una deficiencia nutricional en el caso del aumento de la longitud de las raíces. El inóculo de *G. mosseae* resultó ser el más apropiado pues provoca un aumento de la biomasa seca total y de la longitud del vástago y la raíz sin alterar la relación v/r respecto al control.

En *M. lathyroides* el tratamiento con MAR de *E. colombiana* alteró notoriamente la v/r por una gran disminución del crecimiento en longitud de la raíz comparado con los otros tratamientos y el control. En este caso al relacionar el crecimiento en términos de biomasa seca y longitud de las estructuras, el MAR de *E. colombiana* provocó la mayor acumulación de ésta en cada una de ellas pero no se reflejó en una mayor longitud radical.

Conclusiones

Se evidenció la presencia de bacterias rizobiales en los inóculos micorrízicos ensayados en *P. saman* y *M. lathyroides*. Estos inóculos tienen una mayor capacidad infectiva en *M. lathyroides* que en *P. saman* con relación a la cantidad promedio de nódulos por planta.

En plantas de *P. saman* inoculadas con los MAR *G. mosseae* y *G. manihotis*, hubo la mayor acumulación de biomasa seca tanto en las estructuras individuales (raíz y vástago) como en la biomasa seca total. *S. heterogama* promovió una biomasa total similar, pero no en la parte aérea. La simbiosis con

los MAR afectó la relación de biomasa seca vástago/raíz (v/r), disminuyéndola en relación a las plantas no tratadas. Esta especie fue dependiente de la doble simbiosis (MAR), para que expresara un crecimiento significativo en biomasa, en las condiciones de disponibilidad de nutrientes en que se realizó el experimento. Los MAR afectaron la longitud radical de manera similar superando al control, sin embargo, las diferencias fueron observadas en la longitud del vástago, determinando las variaciones en la relación v/r. Solo *G. mosseae* tiene una distribución de biomasa tal, que no la altera.

En *M. lathyroides* solo los MAR de *E. colombiana* incrementaron ligeramente la biomasa con relación al control. Se puede afirmar que *M. lathyroides* no es dependiente de los MAR utilizados, en las condiciones experimentales probadas. Los otros MAR probados permitieron un crecimiento similar al control o menor que éste. *E. colombiana* no altera la v/r en biomasa seca y es estadísticamente igual a los otros tratamientos, pero si aumenta la relación v/r en términos de longitud. *G. rosea* alteró la relación de biomasa aumentándola hasta tres veces.

Referencias bibliográficas

- ABDELFAH, G. M. 1997. Functional activity of VA-mycorrhiza (*Glomus mosseae*) in the growth and productivity of soybean plants grown in sterilized soil. *Folia Microbiol.* 42 (5) 495-502.
- ALLEN, O. N., y ALLEN, E. K. 1936. Root nodule bacteria of some tropical, leguminous plants: I. Cross-Inoculation studies with *Vigna sinensis* L. *Soil Sci.* 42 (1):63-76.
- _____. 1981. The Leguminosae. A source book of characteristics, Uses and nodulation. Mac Millan Publisher LTD. pp 590.
- BALOTA, E.L., LOPES, E.S., HUNGRIA, M., y DÖBEREINER, J. 1997. Inoculation of diazotrophic bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on the cassava crop. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 32 (6) 627 - 639.
- BASAK, M. K., y GOYAL, S. K. 1980. Studies on tree legumes II Further additions to the list of nodulating tree legumes. *Plant and Soil* 56: 33-37
- CASTAÑETO, Y.T. 1990. Response of rain tree (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.) and kamachile (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.) to phosphorus and nitrogen fertilization in Bayombong soil. Univesidad de Filipinas Colegio Los Baños. Tesis doctoral pp. 89

- EPSTEIN, E. 1972. Mineral plant nutrients of plants: principles and perspectives, Wiley, New York. 412 p.
- FREY, J.E. y ELLIS, JR. 1997. Relationship of soil properties and soil amendments to response of *Glomus intraradices* and soybeans. Can. J. Bot.- Rev. 75(3): 483-491.
- GRAVES, J.D. WATKINS, N.K., FITTER, A.H., ROBINSON, D., y SCRIMGEOUR, C. 1997. Intraspecific transfer of carbon between plantas linked by a common mycorrhizal network. Plant Soil 192(2): 153-159.
- JIMÉNEZ, S. M. 1992. Establecimiento de un ensayo de control de patógenos en samán (*Pithecellobium saman*) en viveros y realización de inventario en viveros de EMALLCA Reserva forestal de Ticoporo Estado Barinas. Informe de pasantías, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela.
- KHALIQ, A., y Sanders, F.E. 1997. Effects of phosphorus application and vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation on the growth and phosphorus nutrition of maize. J. Plant Nutr. 20(11): 1607-1616.
- MORENO, Z. J. y DAAL, C. 1988. Estudios de las características del samán y su producción a partir de 1982 en el Distrito Perijá. Informe de pasantía, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- SIDHU, O.P. y BEHL, H.M. 1997. Response of three *Glomus* species on growth of *Prosopis juliflora* Swartz at high pH level. Symbiosis 23(1): 23-24.
- SKWIERINSKI, R., y MARQUINA M.E. 1966. Resultados no publicados.
- SKWIERINSKI, R., MARQUINA M.E., y MORALES, S. 1966. Resultados no publicados.
- TARAFDAR, J.C. y RAO, A.V. 1997. Response of arid legumes to VAM fungal inoculation. Symbiosis 22(3): 265-274.
- VINCENT J. M. 1974. Root-nodule symbiosis with *Rhizobium*. In the Biology of nitrogen fixation. Ed. A Quispel North Holland Publishing Co. Amsterdam, Holland. pp 265-341.
- XAVIER, L.J.C. y GERMIDA, J.J. 1997. Growth response of lentil and wheat to *Glomus clarum* NT4 over a range of P levels in a Saskatchewan soil containing indigenuous AM fungi. Mycorrhiza 7(1): 3-8.
- ZARATE, J.T. y de la CRUZ, R.E. 1991. Inoculation of VA Mycorrhiza for the improvement of growth and yield of agricultural crops, fruit trees and forest tree species in grassland soil. Trans. Nat. Acad. Sci. Tech. Republic of the Phillipines. XIII:717-735.
- ZHOU, X.Q. y HAN, S.F. 1984. Studies on symbiotic system of nodule bacteria and tree legumes. I Nodulation, isolation and reciprocal cross inoculation. Journal of Nanjing Institute of Forestry, 2: 32-42.