

Respuesta de *Cedrela odorata* L. a diversos inoculantes micorrízicos procedentes de dos ecosistemas tropicales

Response of *Cedrela odorata* L. to several mycorrhizal inoculants from two tropical ecosystems

Heriberto Méndez-Cortés,^{1*} José G. Marmolejo-Monsiváis,²
César Cantú-Ayala,² Víctor Olalde-Portugal,³
Eduardo Estrada-Castillón² y César Posadas-Leal¹

RESUMEN

El presente estudio muestra el efecto de algunos inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre el desarrollo inicial de *Cedrela odorata* L.; para ello, se realizó un bioensayo con diferentes fuentes de inóculo procedentes de dos ecosistemas tropicales donde se distribuye esta especie en el estado de Veracruz. Se utilizaron cuatro tratamientos: T1, inoculación directa con un consorcio de esporas; T2, inoculación con raíces colonizadas de campo; T3, sin inoculación (testigo); T4, suelo nativo no estéril (T1, T2 y T3 en suelo nativo esterilizado). Las variables evaluadas fueron: biomasa seca aérea y radicular, altura, diámetro, número de folíolos, número de esporas y porcentaje de colonización. Los resultados mostraron diferencia estadística en las variables de crecimiento de los inoculantes provenientes de la selva mediana subperennifolia (SMS), donde T4 arrojó los mejores resultados, seguido por T2, mientras que T3 presentó los valores más bajos. Aunque los inoculantes de selva alta perennifolia (SAP) no mostraron diferencias estadísticas, su comportamiento fue similar a aquellos de la SMS. Lo anterior muestra la fuerte relación micorrízica entre los HMA y *C. odorata*; ante ello, se sugiere reproducir y utilizarlos en la producción de plántulas a fin de lograr una mejor adaptación al establecerlas en condiciones naturales.

PALABRAS CLAVE

Cedro rojo, crecimiento, glomeromycota, selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia.

ABSTRACT

This study shows the effect of some inoculants of the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the initial development *Cedrela odorata* L.; for this, a bioassay was conducted with different inoculum sources of two tropical forests where this species is distributed in Veracruz state. Four treatments were applied: T1, direct inoculation with a spore consortium; T2: inoculation with mycorrhizal roots from field; T3: without inoculation; T4: native soil not sterile. (T1, T2 and T3 in native sterilized soil). The analyzed variables were dry aerial and root biomass, height, diameter, leaflets number, spores number, and colonization percentage. Statistical analysis showed significant differences between inoculants from medium tropical forest (MTF), where T4 was the best results followed by T2, while T3 observed the lowest values. Although the inoculants of high tropical forest (HTF), do not have statistical significance, the results were similar to those in the MTF. These results showed a good micorrhizal relationship between these fungi and *C. odorata*; for

1 Facultad de Agronomía. UASLP. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

2 Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N.L.

3 Centro de Investigación y de Estudios Avanzado del IPN. Irapuato, Gto.

* Para para correspondencia: C.e.: heriberto.mendez@uaslp.mx

this reason, it is recommended to reproduce this fungus to use in plants production in order to obtain plants best adapted to natural conditions.

KEY WORDS

Red cedar, growth, Glomeromycota, high tropical forest, medium tropical forest.

INTRODUCCIÓN

La alteración de ecosistemas debido a la deforestación sigue en muchas ocasiones un proceso de erosión muy acelerado, lo que ocasiona una baja productividad, menor calidad y cantidad de agua, así como una alteración en la diversidad biológica microbiana (Kennedy y Smith, 1995).

Cierta microbiota interactúa simbióticamente con la mayoría de las plantas, siendo operada por un consorcio o grupo de microorganismos capaces de transportar y suministrar los nutrimentos necesarios al interior de sus raíces (Fitter y Garbaye, 1994; Bonfante y Anca, 2009).

Una de las interacciones mutualistas más sobresalientes en la naturaleza, la forman los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con las plantas, dada su capacidad de: 1) facilitar la transferencia de fósforo y otros elementos importantes para el desarrollo celular (Dever *et al.*, 2001; Cuenca *et al.*, 2007); 2) contribuir a la formación de la estructura del suelo (Piotrowski *et al.*, 2004); 3) permitir una mayor tolerancia a periodos prolongados de estrés por sequía (Sieverding y Toro, 1998); 4) actuar como antagonistas contra patógenos del suelo (Baath y Hayman, 1983); 5) mantener la diversidad de plantas en los diferentes ecosistemas terrestres (Lovelock *et al.*, 2003). Por las características anteriormente citadas, se considera a esta asociación parte primordial en los procesos de restauración en zonas altamente degradadas (White *et al.*, 2008), como sucede en las selvas tropicales de México (Mas *et al.*, 2003).

Se estima que 95% de las especies arbóreas que se distribuyen en estos ecosistemas presentan simbiosis con este tipo de hongos (LeTacon *et al.*, 1998), los cuales son parte esencial para dar funcionalidad a sus hábitats naturales (Salas, 2004).

El cedro rojo (*C. odorata* L.) es una especie de importancia económica que se distribuye en la zonas tropicales de México, donde sus poblaciones naturales han sido seriamente afectadas por los impactos antropogénicos (Niembro, 1996). Ante ello, la Comisión Nacional Forestal (Conafor) en las últimas dos décadas ha implementado estrategias de reforestación y plantaciones forestales comerciales para mitigar a este tipo de problemas en estas zonas.

El manejo de los HMA, integrado a la producción de plántula en vivero, es indispensable para asegurar el éxito de adaptación de las repoblaciones bajo condiciones naturales (Allen *et al.*, 2003); por tal motivo, es importante integrar paquetes tecnológicos de diferentes especies forestales de importancia económica que se encuentran distribuidas en los trópicos.

Los estudios de inoculación a *C. odorata* con HMA son escasos (Zulueta *et al.*, 2000; Chable, 2007; Amador, 2010) y se han enfocado a utilizar cepas comerciales. Aunque se ha documentado la importancia de los HMA nativos en la producción de planta en vivero (Trejo *et al.*, 2011); en México poco se conoce sobre este tema en árboles de importancia forestal.

OBJETIVO

Determinar el efecto de los inoculantes de HMA procedentes de dos ecosistemas tropicales del estado de Veracruz sobre el desarrollo inicial de *C. odorata*.

MATERIALES Y MÉTODO

Se muestrearon suelo y raíces en dos ecosistemas tropicales con vegetación primaria donde se distribuye *C. odorata* en el estado de Veracruz. Se seleccionaron nueve árboles por tipo de vegetación en los meses de mayo y junio. Según la carta de uso de suelo y vegetación serie III del INEGI, las cartas temáticas de precipitación, temperatura y elevación de la Conabio, así como la Conafor (2010), estos sitios presentan las siguientes características: el primer ecosistema corresponde a una selva alta perennifolia (SAP), con muestras provenientes del municipio de Tezonapa (18°36' N, 96°41' O), la altura sobre el nivel del mar (asmn) es de 180 m, se caracteriza por presentar climas tipo cálido húmedo, precipitación media anual de 2885 mm, temporada seca de tres meses como máximo, suelos profundos y alto contenido de materia orgánica. El segundo comprende una selva mediana subperennifolia (SMS) con muestras provenientes del municipio de Tantoyuca (21°22' N, 98°15' O), se caracteriza por presentar árboles con menor altura con respecto a la SAP, la asmn es de 100 m-120 m, clima cálido subhúmedo, precipitación de 1200 mm-1500 mm anuales, temporada de sequía muy prolongada y suelos menos profundos.

La evaluación de la respuesta de *C. odorata* a la aplicación de inoculantes micorrízicos nativos, se realizó mediante un bioensayo en invernadero del CINVESTAV-Unidad Irapuato, donde se utilizaron diferentes fuentes de inóculo procedentes de la SAP y SMS. Por cada ecosistema se establecieron cuatro tratamientos bajo un diseño completamente al azar: T1) suelo nativo estéril y 100 esporas tomadas al azar por ecosistema (se identificaron los géneros *Funneliformis*, *Glomus*, *Rhizophagus*, *Acaulospora*, *Diversispora* y *Pacispora* para SAP; y *Claroideoglomus*, *Funneliformis*, *Glomus*, *Rhizophagus*,

Sclerocystis, *Paraglomus*, *Entrophospora*, *Scutellospora* y *Pacispora* para SMS con base en las características propuestas por Morton (1988) y Walker (1983)); T2) suelo nativo estéril y cinco gramos de raíces como fuente de inóculo por ecosistema (con presencia de micorriza superior a 60% previamente evaluada); T3) suelo nativo estéril por ecosistema (testigo); T4) suelo nativo sin esterilizar por ecosistema (con 8 esporas/g y 2 esporas/g de suelo previamente cuantificadas en SAP y SMS, respectivamente). Es importante señalar que los inoculantes del tratamiento 1 y 2 fueron aplicados directamente a la semilla en la siembra. El número de repeticiones integradas a cada tratamiento estuvo constituido por seis plantas.

La esterilización del suelo se realizó en autoclave por tres días a 103 kPa (15 psi) y 121 °C, durante una hora. La semilla utilizada fue de árboles con adecuados aspectos fenotípicos (sanidad, altura, fuste limpio, etc.) provenientes del INIFAP (campo experimental El Palmar, Tezonapa, Veracruz). La siembra se realizó en bolsas de polietileno de 25 cm x 18 cm. Cada 15 días y durante cuatro meses y medio, se evaluó la altura total de la planta, diámetro al cuello de la base y número de folíolos, en donde se realizaron curvas de crecimiento con sus respectivos errores estándar. Al final, se determinó la biomasa seca aérea y biomasa seca radicular; relación peso seco aéreo/peso seco radicular; número de esporas (con base en el método de tamizado húmedo y decantación propuesto por Gerdemann y Nicolson (1963) y por el método de centrifugación en gradiente de sacarosa de acuerdo con Daniels y Skipper (1982)); porcentaje de colonización por hifas, vesículas y arbuscúlos (con base en el método de tinción propuesto por Phillips y Hayman, 1970), mientras que la evaluación de colonización se realizó por el método de intersección propuesto por McGonigle et al. (1990). Para evaluar el comporta-

miento de estas últimas variables, se realizó un análisis de varianza ($p \leq 0,05$) para analizar el comportamiento de cada una de las fuentes de inóculo.

Los datos del número de esporas fueron transformados logarítmicamente ($\log x+1$) debido a la gran variación, mientras que los datos porcentuales de colonización tuvieron una transformación angular o de Bliss por presentar distribución binomial; esto con el fin de cumplir con los supuestos del análisis de varianza, en el cual se requiere que respondan a una distribución normal como lo sugieren Steel y Torrie (1980).

RESULTADOS

Se encontraron diferencias en las variables de crecimiento, porcentaje de colonización y número de esporas tanto en la SAP como en la SMS (Figs. 1, 2, 3 y 4). El análisis de varianza arrojó únicamente diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) a la aplicación de inoculantes nativos procedentes de la SMS para todas las variables, excepto para el número de esporas (Tabla 1).

Los tratamientos que involucraron inoculantes nativos procedentes de la SMS, fueron los que mostraron los máximos valores en el desarrollo inicial de *C. odorata* (Figs. 1A, 1C, 1E, 2A y 2C). La mayor respuesta la aportó el tratamiento que involucró suelo nativo sin esterilizar (T4), seguido del tratamiento inoculado con raíces (T2). El tratamiento que se inoculó con 100 esporas aleatorias de este ecosistema (T1), promovió un escaso desarrollo pero siempre por arriba del tratamiento testigo (T3). La diferencia estadística entre los tratamientos la aportó el tratamiento testigo con respecto a aquellos que involucraron algún tipo de inoculante.

Aunque los tratamientos con inoculantes de la SAP no mostraron diferencias

estadísticas en el análisis de varianza, se observó un comportamiento muy similar al reportado en la SMS en las variables de crecimiento (Figs. 1B, 1D, 1F, 2B y 2D).

La relación peso seco aéreo/peso seco radicular mostró una mayor biomasa en hojas y tallos con respecto a la biomasa radicular. El tratamiento que involucró suelo nativo sin esterilizar (T4), fue el que presentó una relación menor comparada con los otros tratamientos (Figs. 2E y 2F); esto es atribuido a la cantidad de biomasa radicular que estimuló los mayores desarrollos en las etapas tempranas de *C. odorata*.

La colonización de HMA al interior de la raíz, marcó una alta diferencia estadística entre los tratamientos de ambos suelos, especialmente por la cero inoculación en T3 (Tabla 1); sin embargo, cuando se compararon por separado a T1, T2 y T4, no se observaron diferencias estadísticas tanto en hifas, vesículas y arbusculos. Los tratamientos que involucraron alguna fuente de inóculo fueron los que presentaron un mayor porcentaje de colonización por hifas con respecto a la colonización por vesículas y arbusculos encontradas al interior de la raíz del cedro rojo. El porcentaje de colonización de vesículas fue el más bajo en los tratamientos empleados, mientras que los arbusculos presentaron altos porcentajes de colonización, pero siempre por debajo de la colonización por hifas (Fig. 3).

La propagación del número de esporas, marcó una alta diferencia estadística entre los tratamientos de ambos suelos (Tabla 1), especialmente por la cero inoculación en T3; sin embargo, al igual que en los porcentajes de colonización, al comparar por separado T1, T2 y T4, no se encontraron diferencias estadísticas en ambos tratamientos. En la figura 4 se observa que el mayor número de esporas lo presentó el tratamiento de suelo nativo

Tabla 1. Análisis de varianza que muestra la respuesta en crecimiento de *Cedrela odorata*, la población de esporas y los porcentajes de colonización al utilizar diferentes fuentes de inóculo procedentes de dos ecosistemas tropicales ($p \leq 0,05$).

	<i>Selva mediana subperennifolia</i>		<i>Selva alta perennifolia</i>	
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Altura (m)	11,59	0,001***	1,76	0,212NS
Diámetro (cm)	8,98	0,002***	1,04	0,413NS
Número de folíolos	12,08	0,001***	0,95	0,451NS
Biomasa aérea (g)	8,26	0,003***	1,69	0,227NS
Biomasa raíz (g)	4,74	0,021**	1,36	0,306NS
Número de esporas/100 g de suelo	30,38	0,000***	80,82	0,000***
% de hifas	16,38	0,000***	11,25	0,001***
% de vesículas	3,89	0,037*	3,32	0,06NS
% de arbusculos	14,89	0,000***	11,59	0,001***

*Significativo **Muy significativo ***Altamente significativo NS No significativo

sin esterilizar (T4), tanto en la SAP como en la SMS. Los tratamientos 1 y 2 no superaron las 200 esporas en 100 g de suelo; sin embargo, fueron suficientes para lograr un porcentaje de colonización entre 50% y 80% para estos factores de evaluación (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Los HMA forman diferentes fuentes de inóculo que son indispensables para formar la nueva asociación micorrízica; estas fuentes pueden ser: esporas, hifas extraradicales y raíces colonizadas por hifas, vesículas y arbusculos; sin embargo, no todos los hongos tienen la misma capaci-

dad de formar estas asociaciones con las estructuras antes mencionadas (Klironomos y Hart, 2002). Esta característica se corroboró con los resultados de esta investigación, demostrando que ambas fuentes pueden tener diferente potencial para la producción de plántulas en vivero.

Generalmente, el uso más común que se le ha dado a estas fuentes de inóculo, ha sido para la propagación de especies micorrízicas en cultivos trampa (Bellgard, 1992). Básicamente, estas fuentes pueden ser útiles para replicar cepas nativas con alto potencial y que posteriormente pueden ser utilizadas en la producción de plántulas con fines de restauración o de plantación comercial.

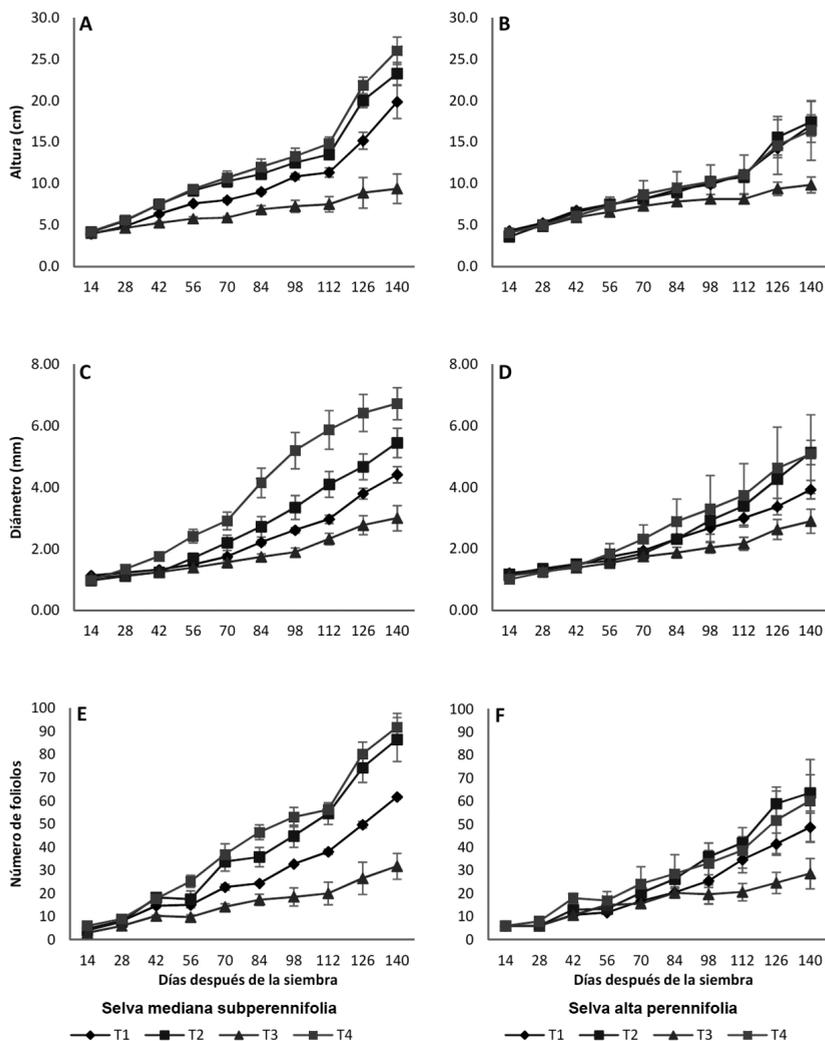


Figura 1. Crecimiento en altura, diámetro y número de folíolos de *C. odorata*, utilizando diferentes fuentes de inóculo procedentes de dos ecosistemas tropicales. Los datos graficados representan la media \pm error estándar en los días posteriores a la siembra (n=48).

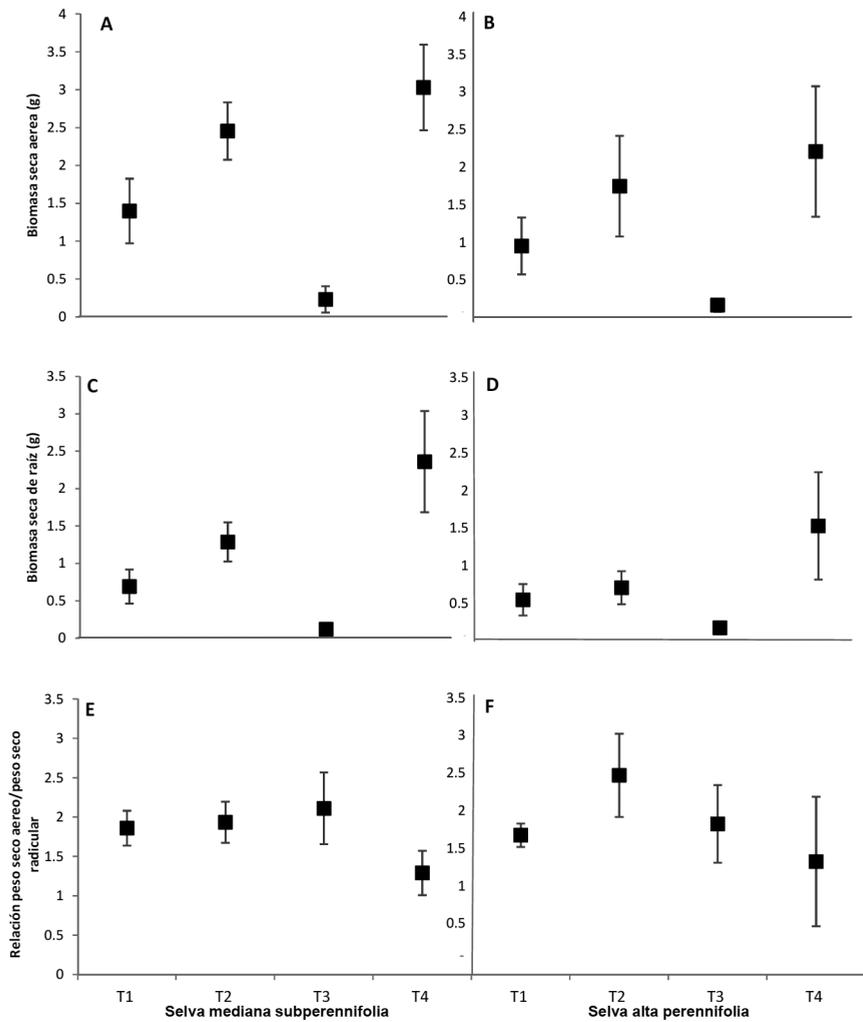


Figura 2. Crecimiento en biomasa seca de raíz y biomasa seca aérea de *C. odorata*, utilizando diferentes fuentes de inóculo procedentes de dos ecosistemas tropicales. Los datos graficados representan la media \pm error estándar (n=48).

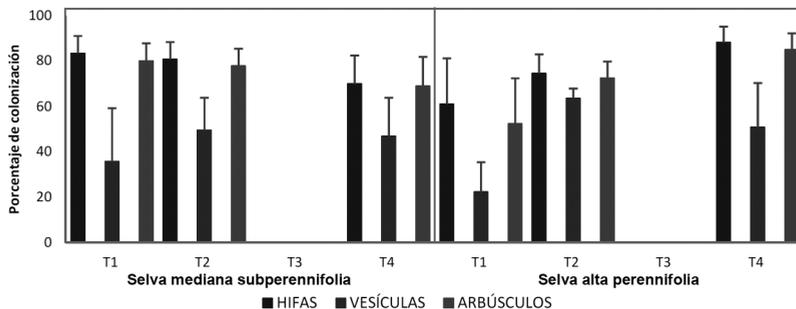


Figura 3. Porcentaje de colonización por hifas, vesículas y arbusculos en *Cedrela odorata*, utilizando diferentes fuentes de inóculo procedentes de dos ecosistemas tropicales. Los datos graficados representan la media \pm error estándar (n=48).

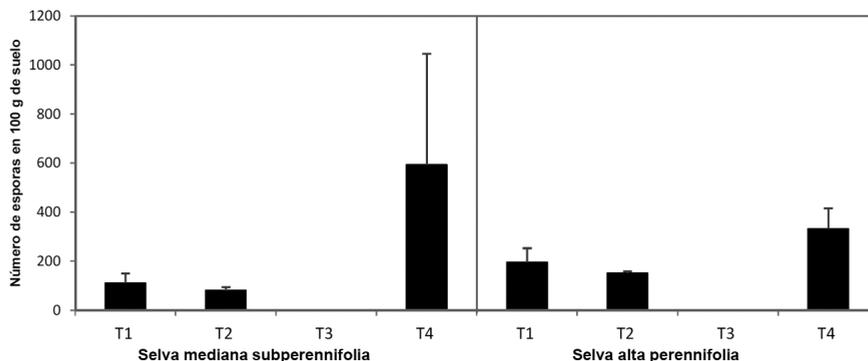


Figura 4. Número de esporas presentes en *Cedrela odorata*, utilizando diferentes fuentes de inóculo procedentes de dos ecosistemas tropicales. Los datos graficados representan la media \pm error estándar (n=48).

Los resultados de este bioensayo demostraron que las mayores tasas de crecimiento inicial en *C. odorata* se observaron cuando interactuaron simbióticamente con cualquier fuente de inóculo de estos HMA. Los tratamientos que involucran suelo nativo estéril o ausencia de fuentes de inóculo, fueron los que desarrollaron una menor tasa de crecimiento; por ende, se concluye que la interacción planta-micorriza es esencial para lograr un mayor crecimiento en esta especie

maderable, tal y como lo documentó Amador (2010) al inocular este tipo de plantas con propágulos de *Rhizophagus intraradices* (antes *Glomus intraradices*).

Aún con la interacción planta-micorriza, se observó que las plántulas son capaces de responder de manera diferente cuando se utiliza uno u otro tipo de inóculo. Esta diferencia es atribuida a la capacidad que tienen ciertos inoculantes del suelo para lograr una pronta coloniza-

ción en un tiempo más corto. Lo anterior fue documentado por Bellgard (1992), quien encontró que los fragmentos de raíces estimulan una rápida inoculación con respecto a las esporas o ciertos fragmentos hifales, lo cual puede traducirse en un mayor crecimiento inicial de las plántulas establecidas en vivero.

En general, se observó un mayor efecto en el crecimiento de *C. odorata* cuando se utilizó suelo nativo no esterilizado; esto se le atribuye a la gran variedad de fuentes de inóculo (esporas, vesículas, arbusculos, hifas extra e intraradicales) que desarrollan naturalmente los ecosistemas tropicales, lo que le confiere una rápida colonización de acuerdo con lo comentado anteriormente.

Los porcentajes de colonización al final de la evaluación no tuvieron relación entre las diferentes fuentes de inóculo. Esta situación es atribuida a la pronta colonización que se da en las etapas tempranas de la planta, la cual aumenta conforme van desarrollando las nuevas raíces. Es por esta razón que los porcentajes observados en estos tratamientos mostraron un comportamiento muy similar entre uno y otro al final del bioensayo.

La producción de esporas por gramo de suelo no tiene relación con los porcentajes de colonización, lo cual puede estar asociado en mayor medida a la especie o especies micorrízicas que interactuaron durante el bioensayo; sin embargo, la baja producción de estas esporas deberá ser analizada una vez que se determine la efectividad o no efectividad relacionada con cada una de las especies en estudios de asociación.

Por último, los HMA desempeñan un papel importante en la sucesión ecológica (White *et al.*, 2008); por ello, el uso de inoculantes nativos es ideal para fomentar la interacción entre estos hongos y *C. odo-*

rata. Además, estas fuentes pueden ser utilizadas en el futuro para la producción de plántulas con fines de reforestación o plantaciones forestales comerciales en áreas deforestadas del trópico mexicano, lo que puede propiciar una pronta recuperación de estas áreas y, por ende, una mayor adaptación, tal y como lo sugiere Allen *et al.* (2003) en sus resultados con algunas especies tropicales.

CONCLUSIONES

El uso de cepas nativas de HMA procedentes de ambientes naturales, estimulan un mayor desarrollo inicial en *C. odorata*; además, su implantación en zonas altamente degradadas podría establecer una mayor adaptación como lo han sugerido otros autores; por ello, se recomienda propagar a estas cepas para generar paquetes tecnológicos viables en la producción de plántulas en vivero o invernadero.

Las raíces colonizadas son una de las fuentes de inóculo poco utilizadas en estudios de asociación; sin embargo, pueden ser útiles para propagar especies micorrízicas asociadas directamente de sus áreas naturales de distribución.

El uso de suelo nativo procedente directamente de las áreas naturales de distribución, en combinación con otros sustratos utilizados en vivero o invernadero, podría servir como fuente de inóculo para la asociación simbiótica entre los hongos nativos y las plantas de interés comercial.

Las fuentes de inóculo provenientes de la SMS estimularon un mayor desarrollo inicial en plántulas de *C. odorata*, lo cual explica la función que cumplen los HMA en el mantenimiento de ecosistemas que aparentan tener un mayor estrés ante la sequía.

Es necesario replicar las especies de HMA que se asociaron durante el bioensayo en cada uno de los ecosistemas tropicales. Posteriormente, se recomienda realizar pruebas de efectividad y no efectividad individual y en consorcio para la producción de plántulas de *C. odorata*. Esta situación permitirá obtener cepas con alto potencial para la inoculación de esta especie maderable y que posteriormente serán útiles para el desarrollo de paquetes tecnológicos.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Laboratorio de Investigaciones y Diagnóstico Fitosanitario por los apoyos económicos otorgados para realizar la presente investigación.

REFERENCIAS

- Allen, B.E., M.F. Allen., L. Egerton-Warburton., L. Corkidi y A. Gómez-Pompa. 2003. Impacts of early –and late– seral mycorrhizae during restoration in seasonal tropical forest, Mexico. *Ecological Application* 13:1701-1717.
- Amador, A.L. 2010. Evaluación de tres métodos de inoculación con micorriza en el desarrollo de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en contenedor. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México. 91 p.
- Baath, E. y D.S. Hayman. 1983. Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza: XIV. Interactions with *Verticillium* wilt on tomato plants. *New Phytologist* 95:419-426.
- Bellgard, S.R. 1992. The propagules of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi capable of initiating VAM infection after topsoil disturbance. *Mycorrhiza* 1:147-152.
- Bonfante, P e I.A. Anca. 2009. Plants, mycorrhizal fungi, and bacteria: a network of interactions. *Annual Review Microbiology* 63:363-383.
- Chable, C.C. 2007. Inoculación micorrizica arbuscular y uso de vermicomposta en la producción de plantas de Cedro (*Cedrela odorata* L.) en vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. San Francisco de Campeche, Campeche. México. 79 p.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2010. Sistema Nacional de Información Forestal. Tipos de vegetación forestal y de suelo. www.conafor.gob.mx
- Cuenca, G., A. Cáceres., G. Oirdobro., Z. Hasmy y C. Urdaneta. 2007. Arbuscular mycorrhizae as an alternative for a sustainable agriculture in tropical areas. *Interciencia* 32:23-29.
- Daniels, H.B.A. y H.D. Skipper 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. *In*: N.C. Schenck, ed. *Methods and principles of mycorrhiza research*. American Society for Phytopathology. St Paul, Minn. p:29-37.
- Dever, J.D., P.A. Schultz., A. Pringle y J.B. Morton. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. *BioScience* 51:923-931.
- Fitter, A.H. y J. Garbaye. 1994. Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms. *Plant and Soil* 159:123-133.

- Gerdeman, J.W. y T.J. Nicolson. 1963. Spores of Mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transaction of the British Mycological Society* 46: 35-44.
- Kennedy, A.C. y K.L. Smith. 1995. Soil microbial, diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant Soil* 170:75-86.
- Klironomos, J.N. y M.M. Hart. 2002. Colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi using different sources of inoculum. *Mycorrhiza* 12:181-184.
- LeTacon, F., J. Garbaye y G. Carr. 1998. The use of micorrizas in temperate and tropical forest. *Symbiosis* 3: 179-206.
- Lovelock, C.E., K. Andersen y J.B. Morton. 2003. Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. *Oecologia* 135:268-279.
- McGonigle, T.P., M.H. Miller, D.G. Evans, G.L. Fairchild y J. A. Swan. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115:495-501.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J.R. Días, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, A. Pérez y G. Bocco. 2003. Assessing land use/cover changes in México: a wall-to-wall multivariate GIS database. *Geoscience and Remote Sensing Symposium* 5:3359-3361.
- Morton, J.B. 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: classification, nomenclature, and identification. *Mycotaxon* 37:267-324.
- Niembro, R.A. 1996. Producción de semillas de cedro *Cedrela odorata* L. bajo condiciones naturales en Campeche, México. INIFAP. p: 215-228.
- Phillips J.M. y D.S. 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.
- Piotrowski, J.S., T. Denich, J.N. Klironomos, J.M. Graham y M.C. Rillig. 2004. The effects of arbuscular mycorrhizas on soil aggregation depend on the interaction between plant and fungal species. *New Phytologist* 164:365-373.
- Salas, E. 2004. Las micorrizas y su importancia para el manejo y conservación de los árboles del trópico. Memoria del I Congreso Sobre Suelos Forestales y de Ordenación Territorial ¿Son los Suelos Forestales Diferentes? Universidad Nacional-INISEFOR. Heredia, Costa Rica.
- Sieverding, E. y T.S. Toro. 1998. Influence of soil water on VA Mycorrhiza V. Performance of different VAM fungal species with Cassava. *Agronomy & Crop Science* 161:322-333.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. 2a. ed. McGraw-Hill Inc. 633 p.
- Trejo, D., R. Ferrera-Cerrato, R. García, L. Varela, L. Lara y A. Alarcón. 2011. Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. *Revista Chilena de Historia Natural* 84:23-31.

- Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the *Endogonaceae*: spore wall characteristics in species descriptions. *Mycotaxon* 18:443-455.
- White, J.A., J. Tallaksen e I. Charvat. 2008. The effects of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation at a roadside prairie restoration site. *Mycologia* 100:6-11.
- Zulueta, R., M. Alejandro, M. Escalona, D. Trejo y L. Lara. 2000. Respuesta de dos especies forestales tropicales a la inoculación micorrízica. In: A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato, eds. *Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular*. Mundiprensa, México. p: 184-193.

Manuscrito recibido el 17 de junio de 2011.
Aceptado el 25 de abril de 2013.

Este documento se debe citar como:

Méndez-Cortés, H., J.G. Marmolejo-Monsiváis, C. Cantú-Ayala, V. Olalde-Portugal, E. Estrada-Castillón y C. Posadas-Leal. 2013. Respuesta de *Cedrela odorata* L. a diversos inoculantes micorrízicos procedentes de dos ecosistemas tropicales. *Madera y Bosques* 19(3):23-34.