

MOSAICOS DE VEGETACIÓN PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN UNA ZONA SEMIÁRIDA

Claudia Janette De-la-Rosa-Mera¹ y Arcadio Monroy-Ata²

Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.
Apdo. Postal 9-020 México, D.F. E-mails: ¹claudia8315@todito.com.mx, ²arcadiom@servidor.unam.mx

INTRODUCCIÓN

Mosaicos de vegetación

Los mosaicos de vegetación natural, en el caso de ecosistemas maduros, son ensamblajes de especies con escasa competencia por recursos, ya que ocupan nichos ecológicos distintos pero complementarios entre sí. Un mosaico vegetal es una asociación de plantas que coexisten conformando una unidad tanto estructural como funcional, que tiende a hacer un uso eficiente de los recursos limitantes en su desarrollo. Estas plantas han coevolucionado para aprovechar de manera óptima los escasos recursos de uso común y dar lugar a mutualismos múltiples. Así, las comunidades vegetales no son simples ensamblajes al azar, sino que representan subconjuntos estructurados de la diversidad regional de especies¹. El empleo de mosaicos de vegetación en la restauración ecológica de ecosistemas deteriorados ha sido reportado en bosques templados de Australia y de Alemania^{2,3}.

El objetivo de esta nota científica es presentar las características de un mosaico de vegetación con fines de restauración ecológica y mostrar un ejemplo aplicado en una zona semiárida.

Conformación de mosaicos de vegetación

Los mosaicos de vegetación natural están determinados por una serie de principios de coexistencia entre plantas, a los que se les ha denominado reglas de ensamblaje, las cuales se definen como restricciones ecológicas en la conformación de patrones de presencia de especies o su abundancia. Estas reglas de asociatividad determinan la presencia, frecuencia y riqueza de especies, o grupos de especies, en un mosaico vegetal y no sólo la respuesta individual de una especie al medio ambiente.

Jared Diamond⁴, en su trabajo *Assembly of Species Communities* (1975), fue pionero en plantear que hay una serie de reglas que determinan la composición y estructura de las comunidades y cómo se ensamblan sus componentes; el autor concluye que

hay “reglas de ensamblaje” que predicen qué especies pueden coexistir en términos de combinaciones permitidas y prohibidas.

Mosaicos de vegetación y micorrizas

Un componente fundamental de las comunidades vegetales son los hongos micorrizógenos, los cuales presentan simbiosis mutualistas en un 95% de las plantas terrestres. La asociación entre hongo y planta es cosmopolita, ya que las micorrizas (*mico* = hongo; *riza* = raíz) pueden explorar mayores volúmenes de suelo que las raíces, aportando minerales (esencialmente fosfatos) y agua a las plantas mediante sus hifas, en tanto, los vegetales (fitobionte) transfieren entre el 10 y el 20% de sus azúcares al hongo micorrícico (micobionte)⁵; un grupo de micorrizas omnipresente en la mayoría de los ecosistemas es el de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), los cuales están asociados a un 80% de las plantas terrestres y en el presente constituyen un *phylum novo*: Glomeromycota.

Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA)

Los HMA son microorganismos del suelo que contribuyen sustancialmente al establecimiento, crecimiento, productividad y supervivencia de comunidades vegetales, tanto cultivadas como naturales. Los HMA predominan en ecosistemas donde la mineralización de materia orgánica es lo suficientemente rápida para evitar su acumulación, en hábitats donde los fosfatos edáficos son escasos y en zonas donde las plantas presentan regularmente estrés hídrico⁶.

Asimismo, los HMA de una comunidad vegetal madura constituyen una malla que interconecta las raíces de las plantas mediante una densa y extensa red de hifas, las cuales, por un lado, crecen a lo largo del córtex radical, en el interior de raicillas finas; por otro lado, las hifas externas se expanden en el sustrato, estas últimas son alargadas, dimórficas y están compuestas de una pared tosca, irregular y gruesa; también, las hifas del suelo son capaces de producir células auxiliares y esporas de cubierta múltiple⁵.

Nota: Artículo recibido el 23 de octubre de 2006 y aceptado el 14 de noviembre de 2006.

Morfología básica de HMA

A continuación se presentan los principales componentes, aparte de las hifas, de la morfología de los HMA:

a) **Arbúsculos**

Los arbúsculos son normalmente terminales, pero en algunos casos se forman lateralmente en hifas⁵. La formación de arbúsculos aumenta la actividad metabólica de la célula del hospedero, la cual es principalmente debida a la transferencia bidireccional de metabolitos y nutrimentos entre la planta y el hongo⁷.

b) **Vesículas**

Las vesículas son hinchamientos apicales de la hifa, las cuales contienen lípidos y son órganos de reserva del hongo. Durante situaciones de estrés (bajo suministro de agua o metabolitos desde la planta hospedera), estas reservas son utilizadas por el hongo y entonces las vesículas degeneran.

c) **Esporas**

Las esporas son de color blanco, crema, amarillo, naranja o café y a veces con tintes verdes. La forma es globosa a subglobosa, irregular y elíptica (sobre todo aquellas extraídas desde raíces micorrizadas). Los tamaños van desde 40 a 140 µm (ver Figura 1).

Beneficios en plantas inoculadas con HMA

A continuación se describen algunos beneficios para las plantas que presentan la simbiosis mutualista con hongos micorrizógenos arbusculares:

- Los HMA contribuyen a la nutrición mineral de la planta, en especial mediante el aporte de fósforo por adsorción, translocación y transferencia; también participan en la nutrición nitrogenada de la planta y en la adquisición de otros nutrientes como zinc y cobre; se considera que los HMA probablemente podrían translocar potasio, calcio, magnesio y azufre.
- Control biológico para algunos parásitos provenientes del suelo e incremento de la tolerancia de la planta a patógenos.
- Efecto positivo sobre el desarrollo y distribución de la biomasa vegetal.
- Introducción de la producción de hormonas estimulantes o de reguladores de crecimiento vegetal.
- Incremento en la relación parte aérea/raíz de la planta micorrizada.
- Interacción positiva con fijadores libres y simbióticos de nitrógeno y otros microorganismos de rizósfera.
- Mejoramiento de la tolerancia a condiciones de estrés hídrico y de salinidad, debido a que las hifas de los HMA exploran un

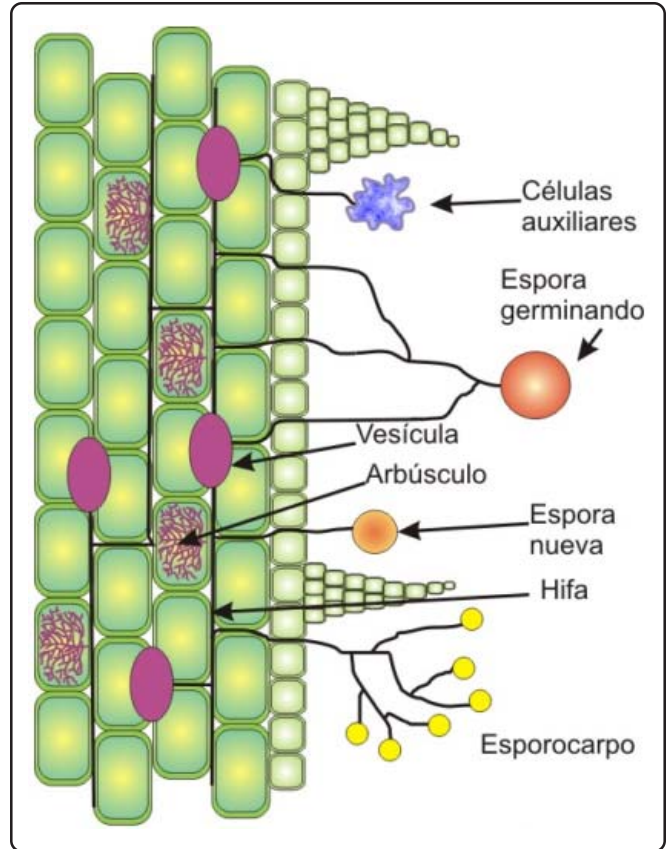


Figura 1. Diagrama de un hongo micorrizógeno arbuscular mostrando cómo las hifas penetran el córtex de una raíz para formar arbúsculos y vesículas. Imagen realizada por Mariano García Díaz.

mayor volumen edáfico, en relación al suelo en contacto con las raíces. Por ello los HMA son fundamentales en zonas áridas y semiáridas.

Zonas semiáridas

Las zonas áridas se caracterizan esencialmente porque la precipitación pluvial media anual está comprendida entre 50 y 200 mm; a su vez, las zonas semiáridas o semidesierto tienen precipitaciones pluviales de 200 a 650 mm anuales. En México, casi dos terceras partes del territorio nacional están incluidas entre las zonas áridas y semiáridas, sin embargo, estos ambientes, caracterizados por sequías estacionales, han sido objeto de deterioro continuo debido al sobrepastoreo, la extracción de leña, incendios y la sobre-explotación de flora nativa como cactáceas o el mezquite (*Prosopis laevigata* y otras especies).

Por lo anterior, es importante contar con modelos de reconstrucción de ecosistemas áridos y semiáridos, que permitan rehabilitar el suelo, incrementar la captación hídrica y mantener una comunidad vegetal, a fin de preservar procesos ecológicos y el hábitat de numerosos endemismos. Uno de estos modelos de restauración ecológica, consiste en establecer un mosaico de vegetación en sitios que favorezcan su desarrollo. En ambientes

áridos, normalmente se presenta una asociación entre plantas llamada nodrizaje vegetal, en la cual una planta leñosa (nodriza) genera un microclima bajo su cobertura, lo cual permite el establecimiento de plantas herbáceas bajo su dosel, para conformar una asociación mutualista entre el conjunto de plantas. Este mosaico vegetal es un modelo que se repite con varias especies de leñosas haciendo el papel de plantas nucleadoras o nodrizas.

Micrositios de captación hídrica

Otro aspecto relevante al establecer un mosaico de plantas, con fines de restauración ecológica, es el lugar particular de siembra o trasplante de las especies vegetales. A este lugar se le llama micrositio de establecimiento y en el caso de los ecosistemas áridos, debe ser un lugar que tenga una reserva hídrica en el suelo, utilizable por las plantas, o ser un espacio de alta captación del agua de lluvia. En el primer caso se trata de micrositios ubicados junto a una roca o bajo gravilla, en donde se forma una reserva hídrica en el sustrato edáfico y en el segundo caso, se refiere a lugares bajos en pendientes, que colectan lluvia de áreas más altas por escurrimiento superficial o a microcuencas, que concentran en una pequeña superficie la lluvia colectada en el área de captación del micrositio.

ESTUDIO DE CASO

Agostadero semiárido en el Valle de Actopan, Hidalgo

A fin de evaluar el establecimiento de mosaicos de vegetación de plantas que fueron inoculadas con hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y comparar su desarrollo con plantas no micorrizadas, se realizó el siguiente experimento exploratorio. Se construyeron cuatro microcuencas de captación hídrica, cuadradas, de 1 m por lado y 20 cm de profundidad. En dos microcuencas se transplantaron, equitativamente y mezclados, 16 especímenes micorrizados de casi 2 años de edad (cultivados durante un año en condiciones de invernadero y un año en condiciones de vivero) de dos especies leñosas: huizache (*Acacia farnesiana*) y gatuño (*Mimosa biuncifera*) y en las otras dos microcuencas se transplantaron 12 individuos testigo (no micorrizados) de ambas especies; después del trasplante, se hizo un seguimiento del desarrollo de las plantas durante 5 meses, mediante las siguientes variables: a) porcentaje de supervivencia, b) cobertura vegetal (superficie ocupada por el follaje en proyección vertical sobre el suelo) y tasa relativa de crecimiento (GRR por sus siglas en inglés: *growth relative rate*) cuya fórmula es $GRR = \frac{(\ln \text{altura final} - \ln \text{altura inicial})}{\text{tiempo}}$ (en días), donde ln es el logaritmo natural.

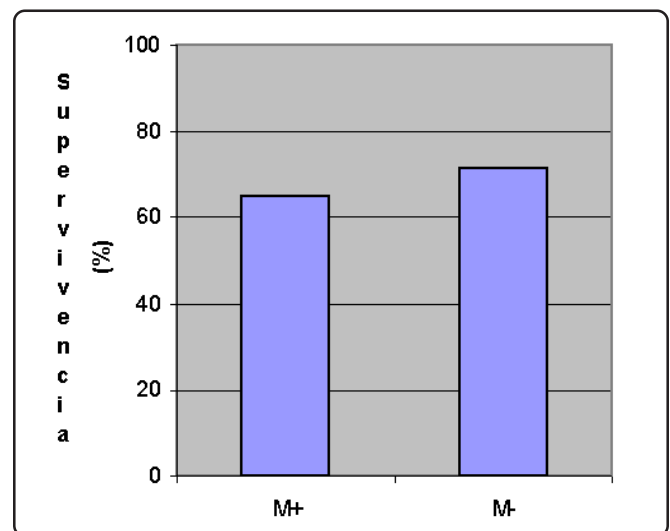
La zona de estudio se ubica en el Valle de Actopan, Estado de Hidalgo, dentro del municipio de Santiago de Anaya, en un agostadero semiárido deteriorado por sobrepastoreo. El suelo es superficial, de textura franco-arcillosa y descansa sobre un sustrato de concreciones calcáreas (tepetate); su pH es de 8.4 y su conductividad eléctrica es de 0.18 dS/m. El clima es semiárido

templado, con régimen de lluvias en verano, con una precipitación media anual de 550 mm y una temperatura media anual de 18 °C. Las coordenadas de la parcela experimental son: 20° 23' 28" LN y 99° 01' 22" LW.

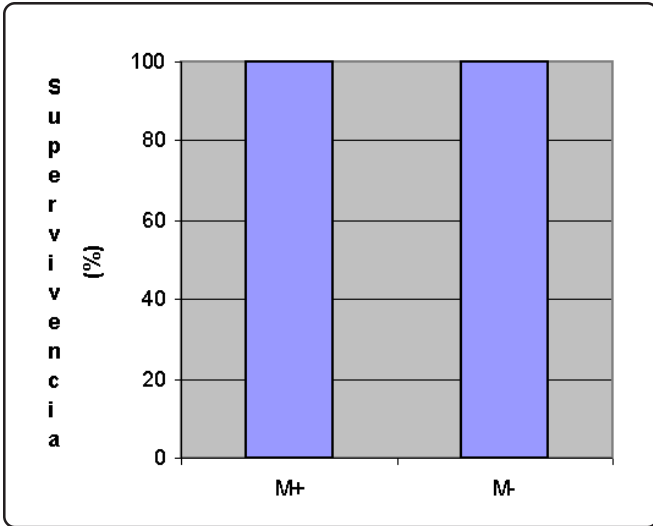
Los resultados, después de 5 meses del trasplante (Gráficas 1-6), muestran que la supervivencia de *A. farnesiana* fue superior al 60%, sin presentar diferencias significativas entre plantas micorrizadas y no micorrizadas. En ambos tratamientos la supervivencia de *M. biuncifera* fue del 100%. Respecto a la cobertura vegetal de las especies, ésta se mantuvo constante durante el periodo de registro, por lo que no se detectaron diferencias estadísticas del área ocupada por el follaje, entre plantas inoculadas con HMA y sus testigos.

En relación a la tasa de crecimiento relativo (GRR), los resultados muestran una diferencia apreciable entre las plantas micorrizadas de *A. farnesiana* y las plantas no micorrizadas, indicando que la inoculación con HMA favorece el crecimiento en altura de los huizaches. Respecto al gatuño, no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento al comparar las plantas micorrizadas con sus testigos no inoculados. Por lo anterior, se concluye que aunque el huizache es sensible al trasplante, la micorrización de sus plántulas favorece su crecimiento y que el gatuño es resistente al trasplante, aunque la micorrización no mostró efectos significativos en el crecimiento apical o en el desarrollo de su cobertura.

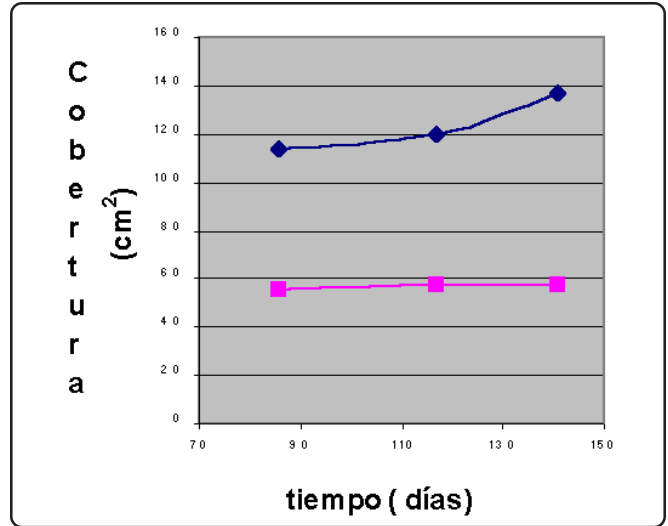
Asimismo, es importante señalar que el tiempo de registro de datos fue corto (141 días) y que las plantas se desarrollaron en la época de lluvias. Por ello, es necesario hacer un seguimiento que cubra un ciclo anual, a fin de evaluar los efectos de la micorrización en la supervivencia vegetal en ambientes semiáridos. También es relevante mencionar que el



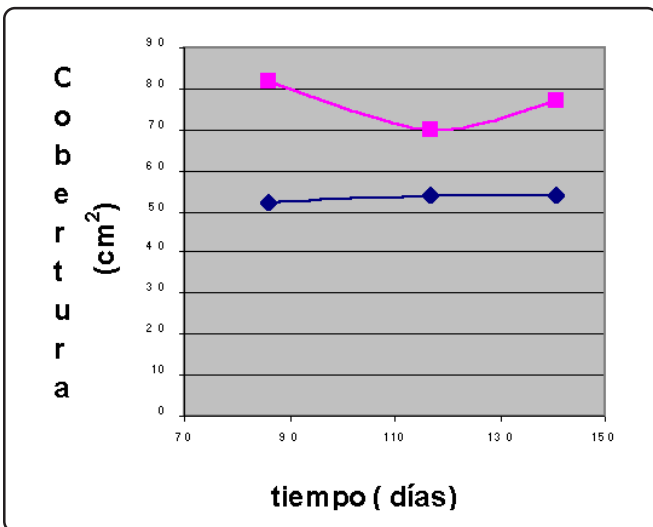
Gráfica 1. Porcentaje de supervivencia en las plantas de *Acacia farnesiana* a los 141 días de trasplante; M+: plantas micorrizadas; M-: plantas no micorrizadas.



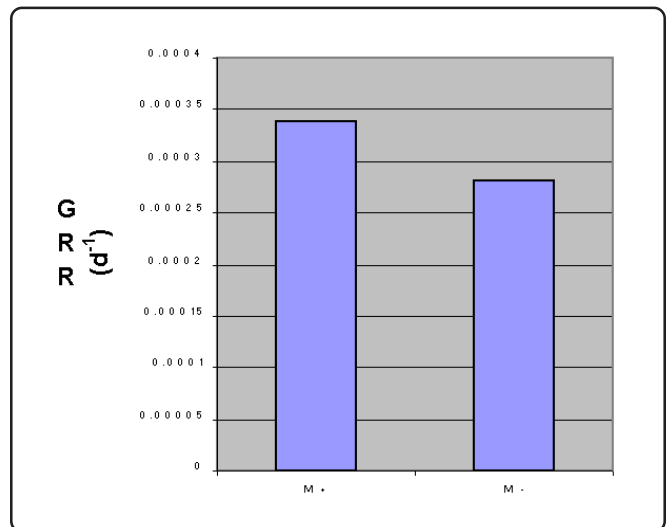
Gráfica 2. Porcentaje de supervivencia en las plantas de *Mimosa biuncifera* a los 141 días de trasplante; M+: plantas micorrizadas; M-: plantas no micorrizadas.



Gráfica 4. Cobertura promedio de las plantas de *Mimosa biuncifera* a los 141 días de trasplante; rombos: plantas micorrizadas; cuadrados: plantas no micorrizadas.



Gráfica 3. Cobertura promedio de las plantas de *Acacia farnesiana* a los 141 días de trasplante; rombos: plantas micorrizadas; cuadrados: plantas no micorrizadas.



Gráfica 5. Tasa de crecimiento relativo (GRR) promedio de las plantas de *Mimosa biuncifera* a los 141 días de trasplante; M+: plantas micorrizadas; M-: plantas no micorrizadas.

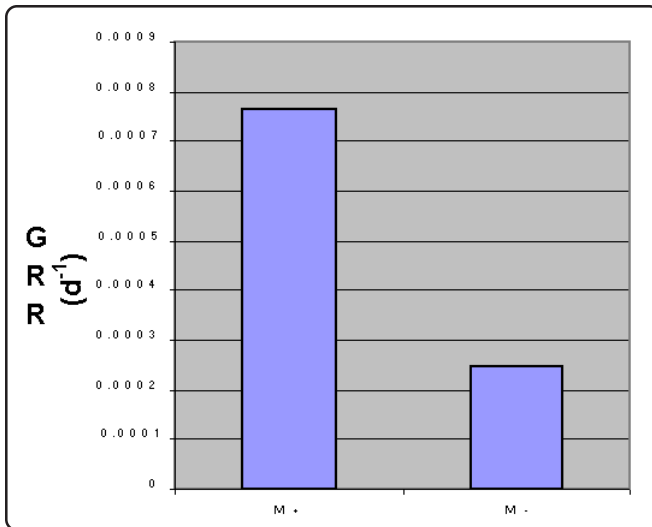
establecimiento de mosaicos de vegetación es una herramienta que facilita las tareas de reconstrucción de comunidades vegetales, debido a que reproduce micrositios de establecimiento vegetal en condiciones naturales y a que se favorece una recomposición florística basada en mutualismos vegetales.

CONCLUSIONES

Los mosaicos de vegetación constituyen ensamblajes de especies que han coevolucionado para constituir mutualismos múltiples y que aprovechan los recursos disponibles de manera óptima. Las reglas de ensamblajes de plantas en el caso de ecosistemas áridos consisten en una o varias plantas leñosas (árboles o arbustos) que funcionan como nodrizas, ya que bajo su cobertura

generan un microclima favorable al establecimiento de otras especies vegetales. Asimismo, es importante el micrositio de trasplante de un mosaico de vegetación, inducido con fines de restauración ecológica; en el caso de ambientes áridos, donde el agua disponible para las plantas es el factor más limitante del desarrollo vegetal, las microcuencas de captación hídrica son un instrumento que favorece la supervivencia del mosaico de plantas.

En relación al establecimiento de mosaicos de vegetación, constituidos por dos especies leñosas (huizache y gatuño), se puede concluir que las microcuencas de captación hídrica favorecen la supervivencia de ambas especies y que es



Gráfica 6. Tasa de crecimiento relativo (GRR) promedio de las plantas de *Acacia farnesiana* a los 141 días de transplante; M+: plantas micorrizadas; M-: plantas no micorrizadas.

recomendable la micorrización de las plantas a reintroducir en programas de restauración ecológica de ecosistemas deteriorados, a fin de promover su crecimiento. Finalmente, es necesario agregar que se requieren más trabajos sobre la conformación de mosaicos de vegetación, en condiciones de campo, para sustentar la reconstrucción y rehabilitación ecológica de ecosistemas áridos, los cuales albergan casi el 7% de especies endémicas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta nota científica agradecen a la Dirección

General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, a través del proyecto PAPIIT IN-213706, el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo. Asimismo, se agradece a los Pasantes de la Carrera de Biología Carmen Azucena Vargas Vega y Mariano García Díaz, por el cultivo en invernadero y vivero de las plantas utilizadas en este estudio y por la elaboración de la figura incluida en este documento, respectivamente. También, agradecen a los revisores anónimos por sus valiosas correcciones al manuscrito original.

REFERENCIAS

1. Bastow Wilson, J. Assembly rules in plant communities. in: Ecological Assembly Rules: Perspectives, advances, retreats (eds. Weiher, E. & Keddy, P.) 130-164 (Cambridge University Press, Cambridge, Gran Bretaña, 1999).
2. Jochimsen, M.E. Vegetation development and species assemblages in long-term reclamation project on mine spoil. Ecological Engineering 17, 187-198 (2001).
3. Moir, M.L., *et al.* Restoration of a forest ecosystem: The effects of vegetation and dispersal capabilities on the reassembly of plant-dwelling arthropods. Forest Ecology and Management 217, 294-306 (2005).
4. Diamond, J.D. Assembly of species communities. in: Ecology and evolution of communities (eds. M.L. Cody & Diamond) 342-444 (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1975).
5. Gerdeman, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizal and plant growth. Annual Review of Phytopathology 6, 397-418 (1968).
6. Wilcox, H. in Plant roots: the hidden half (eds. Y. Waisel, A. Eshel & U. Kafkafi) 680-721 (Marcel Dekker, Inc., New York, 1996).
7. Sieverding, E. Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in tropical agrosystems (Deutsche Gesellschaft Editors, Berlin, 1991).