

Agropunto

Productos biológicos para el campo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACACIA MANGIUM WILLD

Aplicación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en viveros y plantaciones **forestales tropicales: caso acacias.**

HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

en plantaciones forestales tropicales: caso acacias.

Acacia

Nombre genérico derivado del griego ακακία (akakia), que fue otorgado por el botánico Griego Pedanius Dioscórides (90-40 a. C.) para el árbol medicinal A. nilotica en su libro De materia Medica (Acerca de la materia medicinal). El nombre deriva de la palabra griega, ακίς (akis 'espinas').

ESPECIES

Se conoce con el nombre común de «**acacia**» a muchos árboles leguminosos de este género y también de otros géneros. Existen unas 1,400 especies aceptadas, de las más de 3000 descritas en el mundo. Género muy extendido en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La mayor diversidad de especies se encuentra en África y Australia. En general, las especies de Oceanía se representan como la parte dominante de la vegetación, especialmente en las zonas áridas y semiáridas.

Las especies más cultivadas son:

- **Acacia armata**, utilizada para setos, foliolos de color verde-oscuro, con espinas, flores solitarias amarillas. No más de 4 m.
- **Acacia baileyana**, crecimiento rápido, aunque de vida corta. Ramas colgantes, inflorescencias en racimos. No más de 6 m.
- **Acacia dealbata**, ampliamente cultivada como una planta ornamental en las regiones templadas del mundo, hasta 30 m.
- **Acacia longifolia**, crecimiento rápido, hasta 7m, muy tolerante a la cal. Filodios coriáceos.
- **Acacia mucronata**, muy resistente, filodios muy estrechos.
- **Acacia verticillata**, arbusto denso, hasta seis metros, con filodios punzantes, en verticilos.
- **Acacia farnesiana**, arbusto más pequeño, común en zonas de bosque seco de Centroamérica.

En México se reconocen alrededor de 84 especies nativas de las cuales 30 son endémicas, encontrándose la mayoría en regiones áridas y semiáridas del país. Los usos más frecuentes encontrados de las especies de acacia está el forrajero, medicinal, combustible, curtiduría y maderables. Dentro de estas se encuentran aquellas que han sido las más estudiadas en el país, como es el caso de **Acacia farnesiana** (fito-remediadora), **Acacia pennatula** y **Acacia schaffneri** (medicinal). De las 30 especies endémicas de México 11 se encuentran en categoría de preocupación menor, 10 en categoría vulnerable, 6 en casi amenazada, 2 con datos deficientes y 1 como especie amenazada. Aunque para otros países existen reportes de otros usos de especies de acacia, que también están presentes en México, como por ejemplo el uso en sistemas agroforestales, restauración de ecosistemas degradados, ornamental y plantaciones forestales comerciales.

Acacia mangium Willd

Es originaria del norte de Australia, Nueva Guinea e Indonesia. Alcanza un tamaño de hasta 30 metros de altura, a menudo con un tronco recto. Tiene cerca de 142.000 semillas / kg. Para romper la latencia de las semillas maduras requiere tratamientos de pre-germinación como la escarificación mecánica (rayar la superficie) o agua hirviendo. Este tratamiento conduce a una germinación rápida y normalmente superior al 75%. Al igual que muchas otras leguminosas, que es capaz de fijar el nitrógeno en el suelo. Es una especie popular para las plantaciones forestales y se utiliza cada vez más, también, para proyectos agroforestales. En cultivos mixtos, las plantas pueden beneficiarse de la sombra de **Acacia mangium** y de la fijación de nitrógeno que logra. Tolerancia suelos de baja fertilidad con drenaje impedido, pero prefiere lugares fértiles con buen drenaje. La profundidad del suelo y la posición topográfica pueden influir en los rendimientos. Con respecto a la distancia desde el ecuador, hay diferencias significativas en el rendimiento

de cultivo. Un aumento medio anual en altura de aproximadamente 3 a 4 m es usual cerca del ecuador. En las zonas más lejos de la línea ecuatorial el crecimiento es más bajo.

Son árboles que producen madera de albura y duramen. El duramen es de color marrón con brillo de color amarillo y de textura media. Debido a que la madera es muy pesada, dura, muy fuerte, resistente y susceptible de deformarse y agrietarse, se utiliza para fabricar muebles, puertas y marcos de ventanas. El acabado de superficie es brillante y suave después del pulido.

Acacia mangium ayuda en gran medida en aumentar la tasa de rotación de N en la capa superficial del suelo, podría mejorar también la disponibilidad del mineral de N en el suelo en cultivos mixtos. Debido al hecho de que es un árbol de crecimiento muy rápido que desarrolla un sistema intensivo de enraizamiento, sobre todo en un suelo de baja fertilidad, esto ayuda a recuperar tierras tropicales degradadas por lo que A. Mangium es muy útil. El árbol se utiliza ampliamente en Goa, India, en la industria minera para la rehabilitación de los vertederos de residuos, ya que es una especie resistente a la sequía y se une a los residuos estériles de la mina que consiste en estratos lateríticos.

En especies arbóreas, se presentan limitantes en la producción tanto a nivel de vivero, trasplante y plantación establecida, relacionados con los procesos de multiplicación, aclimatación y adaptación de los cultivos a diversas condiciones agroecológicas.

Estudios realizados sobre diversidad de HFMA asociados a diferentes especies de árboles maderables y no maderables:

Estos, han demostrado que existe una amplia gama de morfo-especies de **HMA** asociados a la rizosfera de estos árboles, lo que sugiere que los **HMA** pueden ser utilizados en especies arbóreas o arbustivas en forma de biofertilizantes, en plantas con cualquier tipo de reproducción por semilla, vegetativa o por producción in vitro, constituyéndose en una alternativa valiosa para solucionar problemas de propagación, aclimatación y nutrición de las especies, permitiendo establecer sistemas de producción más eficientes, precoces y productivos, que contribuyen con la sostenibilidad por que requieren una menor aplicación de insumos fertilizantes, riego y pesticidas, con sus respectivas reducciones en costos de insumos y mejoras en la eficiencia en el establecimiento y producción en sistemas forestales. Adicionalmente, esta tecnología puede ser fácilmente transferible a técnicos y agricultores.

La simbiosis entre **hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA)** y el 80% de las especies vegetales, es una de las asociaciones más antiguas, con evidencias de su existencia desde hace más 400 millones de años, jugando un papel predominante en la adaptación de plantas a los ecosistemas terrestres, empleando mecanismos de co-evolución **HMA**-plantas. Uno de los beneficios de esta simbiosis más estudiados, a nivel mundial, está relacionado con la nutrición vegetal en ambientes con restricción de nutrientes, en donde, mediante mecanismos de intercambio bidireccional de nutrientes la planta suministra al hongo carbohidratos para su metabolismo y el hongo favorece la toma y transporte de nutrientes que la planta requiere. La simbiosis favorece la tolerancia de la planta a estrés biótico o abiótico, mejora las características físicas del suelo y favorece la diversificación de especies vegetales en ecosistemas.

El uso de **HMA** se ha convertido en una interesante alternativa para reducir pérdidas en procesos de multiplicación, aclimatación y adaptación de diferentes especies vegetales (semestrales y perennes) a diversas condiciones agroecológicas. Logran mayor supervivencia de plantas a nivel de vivero debido al incremento en el crecimiento de raíces y mejor nutrición en estados tempranos de desarrollo; reducción de tiempos en vivero por las mayores tasas de crecimiento y acumulación de biomasa y mejor adaptación a condiciones de estrés hídrico y nutricional bajo condiciones de campo. Estos efectos se ven reflejados en incrementos en supervivencia a nivel de vivero y trasplante, capacidad de producción de biomasa y en la calidad del producto final, que para el productor forestal se convierten en mayor competitividad y sostenibilidad, con reducciones de costos de producción y mejora en los ingresos.

Como ejemplo, está el estudio “**Biofertilización con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) en especies forestales en vivero**” (RAMÍREZ GÓMEZ M. M. et al, 2018), cuyo objetivo fue evaluar en vivero el efecto de la biofertilización con **HMA** en 4 especies forestales *Pachira quinata* (Jac.) W.S. Alverson, *Gmelina arborea* Roxb, *Eucalyptus* sp. y *Acacia mangium* Willd. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, 30 plantas como unidad experimental y 6 tratamientos: dos testigos (con 50 y 100% de fertilización) y 4 inóculos de **HMA** (aislados de plantaciones forestales del Caribe Colombiano) con el 50% de fertilización química. Se evaluaron variables como altura, diámetro y concentración de nutrientes. Las plantas inoculadas con *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. presentaron los mayores valores en alturas y diámetros, así como una mayor translocación de nutrientes hacia las especies *G. arborea*, *P. quinata*, *A. mangium* y *Eucalyptus* sp., por lo que se puede afirmar que la simbiosis **HMA**-especies forestales, tiene efectos benéficos sobre el desarrollo de las plantas, permitiendo reducción de tiempo y costos de producción en vivero.

De acuerdo a los resultados obtenidos para estas **4 especies forestales**, la inoculación con **HMA** favoreció el rápido crecimiento de las plantas permitiendo menor tiempo de permanencia en vivero lo cual es ideal para los productores. En general, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para altura y el diámetro de plántulas en la mayoría de las semanas evaluadas. Se pudo observar que los tratamientos inoculados con **HMA**, obtuvieron valores similares o incluso superiores al tratamiento fertilizado al 50%, siendo el T2 y T3 los que mayor valor obtuvieron durante todo el tiempo de evaluación. Este resultado, refleja la ventaja del uso de **HMA**, en estados iniciales de las plantas en vivero, favoreciendo el rápido crecimiento de las plantas y permitiendo menor tiempo de permanencia en vivero, lo cual es ideal para los productores.

Cuadro 1 Efecto de la inoculación con **HFMA** sobre parámetros de crecimiento en *A. mangium*.

Tratamientos	Altura (cm)			Diámetro (mm)		
	Sds			Sds		
	8	10	12	8	10	12
T1	9,9 ^{ab}	10,8 ^{ab}	12,3 ^{ab}	1,7 ^{bc}	1,8 ^{bc}	1,9 ^{abc}
T2	11,0 ^{ab}	11,9 ^{ab}	13,2 ^{ab}	1,8 ^{abc}	1,86 ^{abc}	2,0 ^{abc}
T3	12,7 ^a	13,7 ^a	15,1 ^a	2,0 ^a	2,06 ^{ab}	2,2 ^{ab}
T4	10,0 ^{ab}	10,7 ^{ab}	12,1 ^{ab}	1,7 ^{bc}	1,7 ^c	1,9 ^{bc}
T5	8,6 ^b	9,4 ^b	10,8 ^b	1,6 ^c	1,7 ^c	1,8 ^c
T6	11,7 ^{ab}	12,9 ^{ab}	14,2 ^{ab}	1,9 ^{abc}	2,08 ^a	2,3 ^a

Nota: Letras diferentes corresponden a diferencias significativas ($P \leq 0,05$) de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey. SDS: semana después de la siembra. T1: *Glomus* sp. + *Acaulospora* sp., T2: *Glomus* sp. + *Acaulospora* sp. + *Scutellospora* sp., T3: *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp., T4: *Glomus* sp. + *Acaulospora* sp. + *Entrophospora* sp., T5: Fertilización química al 50% y T6: Fertilización química al 100%.

Para el caso de *Acacia mangium* Willd, en promedio, las plantas llegaron a 13 cm de altura a las 12 SDS. En el **Cuadro 1** se presentan los resultados obtenidos en esta especie en donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas a lo largo de todo el período de monitoreo. En este tiempo se evidencia el efecto positivo del tratamiento de inoculación 3, el cual superó en altura a los testigos T5 y T6, con el 50 y 100% de la fertilización químico. Para el diámetro, se encontraron diferencias estadísticas significativas en todas las evaluaciones, hasta la 12 SDS (semanas después de siembra) en donde el tratamiento T3 presentó valores promedios más altos que los testigos fertilizados al 50 y 100%.

Con relación a la respuesta a la inoculación con **HMA** en la concentración de nutrientes para la especie **A. mangium** se encontró que el tratamiento T5 fue el que obtuvo los mayores promedios en absorción de N; sin embargo, los tratamientos T1, T3 y T4 fueron superiores al testigo 100% (T6) en la absorción de este mismo elemento. La absorción de K, Ca y Mg en la planta por parte del T4 (*Glomus sp.* + *Acaulospora sp.* + *Entrophospora sp.*) presentó los mayores valores de estos elementos en comparación a los testigos fertilizados con el 50 y 100% sin inocular. La absorción de P fue mayor en el tratamiento T1 (0,017 g de P planta⁻¹) en comparación a los testigos con el 50% (0,015 g de P planta⁻¹) y 100% (0,015 g de P planta⁻¹).

Conclusión: Se puede afirmar que el uso de esta tecnología para las especies forestales evaluadas, permitió obtener las condiciones óptimas de altura y diámetro de cuello de la raíz para su trasplante a campo, así como una mayor absorción de nutrientes por parte de las plantas cuando estas se encontraban asociadas a los **HMA** mencionados anteriormente.

A diferencia de los fertilizantes químicos aplicados, que tienen una disponibilidad en el suelo y específicamente en la rizosfera de las plantas, muy reducida, debido a su progresivo consumo y aprovechamiento por ellas, por las malezas o por pérdidas por lixiviación o arrastre, las micorrizas una vez colonizadas las raíces de los arbolillos, se multiplican de por vida junto con el sistema radical, ofreciendo sus beneficios durante todo su ciclo de vida, dejando incluso el suelo enriquecido con ellas, para ser aprovechadas por nuevas plantaciones comerciales o por la vegetación secundaria que se establece y progresa posteriormente.

Esto es particularmente importante y beneficio en proyectos forestales comerciales donde el uso de fertilizantes químicos es bajo o incluso, nulo, sobre todo cuando su costo es elevado. También cuando los suelos usados son poco fértiles y presentan problemas que impiden a las raíces la adecuada absorción de nutrientes y agua.

Manejo de la fertilización en plantaciones comerciales de *Acacia mangium* Willd.

En principio debemos reconocer que, los **fertilizantes químicos** en la etapa de vivero tienen efectos inmediatos sobre las plantas, pero desafortunadamente, poco duraderos, ya que los nutrientes así aplicados, se agotan rápidamente por el propio consumo por las plantas, su lixiviación, arrastre y fijación por el suelo. Sus bondades, en las etapas posteriores al trasplante definitivo a campo, no son tan evidentes, menos aun si no se realizan aplicaciones de ellos, después, de manera constante y frecuente.

Por otro lado, la aplicación de los **hongos formadores de micorrizas**, optimizan el aprovechamiento de los macro y micro-nutrientes del sustrato en vivero y del suelo en post-trasplante. Además, las micorrizas tienen efectos benéficos duraderos como biofertilizantes, que se multiplican y esparcen junto con las nuevas raíces emitidas por las plantas de manera progresiva, durante todos los años que dure el ciclo de vida de los árboles.

Así también, las aplicaciones complementarias de **micro-elementos** en vivero **vía foliar**, con un costo aproximado de \$500/ha, son necesarias, pero no siempre utilizadas. Se sugieren de 3 a 5 aplicaciones foliares de cocteles de estos elementos como complemento a su nutrición equilibrada, durante esta etapa donde las plantas está juntas o en grupos compactos, usando productos que contengan NPK de alta solubilidad en complejos orgánicos y elementos menores quelatados, principalmente Zinc (estimula el enraizamiento y alargamiento de las células y por consiguiente ayuda al crecimiento de la planta), y otros como Hierro, Cobre, Magnesio, Manganeseo y Boro, entre otros necesarios, según contenidos en el suelo de la plantación en específico.

Es importante resaltar que, en caso de haber presencia/aplicación de **micorrizas**, éstas aumentarían el crecimiento, al mejorar el aprovechamiento de estos micro-nutrientes naturales del suelo/sustrato en la etapa de

vivero y desarrollo en campo, de manera permanente. Aplicar estos hongos formadores de micorrizas arbusculares, específicas para el 80% de las especies vegetales, es fertilizar prácticamente al cultivo, de “por vida”, por lo que dure el ciclo de esa especie. Fertilizar con fuentes químicas, es solo por periodos cortos mientras dura su reserva, incluso contaminando mantos freáticos y cuerpos de agua superficiales, por lixiviación y arrastres por erosión, no así con este Biofertilizante.

Los actuales programas comerciales se basan en una **densidad de plantación de 2,200 plantas/ha**, aunque se han reportado menores, de 1,600 y de hasta solo 625.

Para un mejor manejo de las plántulas y su manipulación en vivero, ahora se utilizan, preferentemente, **charolas de 50 cavidades, es decir, 44 charolas para 2,200 plantas/ha**. Las sugerencias de fertilización, de acuerdo a varios autores sobre el tema, son:

- **EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA EN VIVERO:**

- **Opciones de Fertilización:**

- **Solo fertilizantes químicos en forma sólida:** Generalmente se aplican de 25 a 50 g/planta de fórmulas como la 20-10-10 o alguna similar, divididos en 5 oportunidades, de 5 a 10 g cada una, para así evitar quemaduras en plantas y raíces. Equivalen a 60-120 kg del fertilizante (\$700 a \$1,400/ha).
- **Aplican la mitad de la dosis de fertilizantes sólidos y complementan con micorrizas arbusculares:** 30 a 60 kg/ha de fertilizante (\$350 a \$700/ha) + micorrizas (\$900/ha), (\$1,250 a \$1,600/ha).
- Solo aplican micorrizas: Dosis variables de micorrizas, (\$875 a \$1,750/ha), según criterios del responsable.
- **No aplican fertilización:** (\$0/ha). Sin costo económico directo en esta etapa, pero con impactos evidentes en la economía general del proyecto por la futura y significativa prolongación del ciclo del cultivo por lento crecimiento, hasta su aprovechamiento comercial.

- **AL TRASPLANTE Y RECIÉN TRASPLANTADAS A CAMPO:**

- **Opciones de Fertilización:**

- **Solo fertilizantes químicos en forma sólida:** Generalmente se aplican fertilizantes químicos en forma sólida, a razón de 100 a 150g/planta de la fórmula 20-15-10, en una sola aplicación alrededor de cada una, preferentemente cubierta con suelo, para evitar pérdidas. 330kg del fertilizante (**\$4,000/ha**).
- **Aplican la mitad de la dosis de fertilizantes sólidos antes mencionada y complementan con micorrizas arbusculares:** 165kg del fertilizante \$2,000/ha + \$1,750/ha de la dosis de micorrizas. (**\$3,750/ha**).
- **Solo aplican micorrizas.** Generalmente al momento del trasplante, a dosis variables de micorrizas, (**\$875 a \$1,750/ha**), según criterios del responsable.
- **No aplican fertilización. (\$0/ha).** Sin costo económico directo en esta otra etapa, pero con impactos evidentes en la economía general del proyecto por la futura y significativa prolongación del ciclo del cultivo por lento crecimiento, hasta su aprovechamiento comercial.

Propuesta de **Agropunto** para el **proyecto** **de plantaciones comerciales de *Acacia mangium* Willd.**

- ✓ La **dosis general** de micorrizas **Agropunto** sugerida es de **10 kg/ha** para **vivero**, para **plantaciones al trasplante y recién trasplantadas** la dosis es de **15 kg/ha**.
 - **EN VIVERO:** La dosis es de 230g/charola, aplicados de 2 maneras, a elección del productor.:
 - **De forma sólida sobre el sustrato:** Esto cuando el sustrato tenga el menor % de humedad, sin afectar a las plantas, para lo cual se dejan de regar lo suficiente para desecarlo y aumentar la capacidad de recibir un riego pesado inicial, solo con agua, para que la mayor cantidad de las esporas y micelios de **Rizofermic**, sean trasladados al sustrato y raíces de las plántulas.
 - **Mediante al menos 3 riegos con la mezcla micorrízica sobre el sustrato:** Los 10kg/ha de **Rizofermic** para 44 charolas/ha se dividen en 3 partes iguales y se disuelven en la suficiente agua para regar este número de charolas, suficiente para humedecerlas y satisfacer las necesidades de las plántulas, pero sin que sea excesiva la cantidad de agua, que permita que escurra y se pierda producto aplicado.
 - **EN PLANTACIONES AL TRASPLANTE Y RECIÉN TRASPLANTADAS:** La dosis es de **10 kg/ha (6.7 g/charola)**, aplicados de una sola manera:
 - **Mediante un solo riego, con la mezcla micorrízica alrededor de la base de la planta:** Los 15kg/ha de **Rizofermic** pueden aplicarse al momento del trasplante al terreno definitivo o incluso, durante el primer año posterior, en caso de no haber micorrizado los arbolillos. Se realiza a chorrillo, a manera de “Riego de Asiento”, diluidas las micorrizas en la suficiente cantidad de agua (2,200 litros de agua/ha) para que correspondan 100ml de la mezcla micorrízica, para cada una de las 2,200 plantas/ha.

A medida que la etapa de inoculación micorrízica es más tardía, las cantidades necesarias de inóculo aumentan, para poder así cubrir la mayor cantidad de raíces y colonizarlas.



Figura 1 y 2. Las mejores etapas para inocular hongos formadores de micorrizicos arbusculares (HMA) en especies como *Acacia mangium* Willd, es en vivero, aplicándolas de manera fraccionada en varios de los riegos programados, o bien, en una sola ocasión, mediante un riego que permita aplicar toda la dosis sugerida de 10kg Rizofermic/ha para las 2,200 plantas/ha, contenidas en las 44 charolas de 50 cavidades/charola, a razón de 230g/charola. Deberá evitarse que se sobre-riegue y la mezcla micorrízica oscura, ya que así, se pierde producto (esporas/micelios) y otros productos aplicados.



Figura 3 y 4. Si no se realizó antes, también pueden aplicarse al momento del trasplante al terreno definitivo, a chorrillo, a manera de “Riego de Asiento”, a la dosis sugerida de 15 kg Rizofermic/ha diluidas en la suficiente cantidad de agua para que correspondan 100ml de la mezcla micorrízica para cada una de las 2,200 plantas/ha, esto incluso durante el primer año posterior en caso de no haber micorrizado los arbolillos. Sin embargo, a medida que la etapa es más tardía, las cantidades necesarias de inoculo aumentan, para poder así cubrir la mayor cantidad de raíces y colonizarlas. No hay trabajos científicos que demuestren los beneficios de su aplicación en plantaciones de edad media o mayor, aunque tampoco puede negarse como posibilidad, sobre todo en plantaciones que han mostrado un crecimiento débil y raquítico.

Literatura Consultada

<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v16n2/1692-3561-bsaa-16-02-00015.pdf>

http://dicifo.chapingo.mx/pdf/tesislic/2017/M%C3%A9ndez_P%C3%A9rez_Rebeca.pdf