



Ministerio de Agricultura y
Desarrollo Rural



SISTEMAS SILVOPASTORILES CON USO DE BIOFERTILIZANTES

Opción tecnológica para el Valle Cálido
del Alto Magdalena

María Denis Lozano Tovar
Gloria Amparo Corredor
Miguel Alfonso Vanegas Rivera
Lilly Figueroa
Margarita Ramírez Gómez

Guillermo Carrero Herrán [q.e.p.d.]
Norma Constanza Vásquez [q.e.p.d.]
Marta Cecilia Aguirre [q.e.p.d.]

Programa Nacional de Recursos Biofísicos
C.I. Nataima, Espinal (Tolima)

2006

ISBN 978-958-8311-67-8
Código Único Interno: 159

© 2006
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Autores:

María Denis Lozano Tovar. Ingeniera Agrónoma, M.Sc.
Gloria Amparo Corredor. Bacterióloga
Miguel Alfonso Vanegas Rivera. Médico Veterinario
Lilly Figueroa. Economista del Hogar
Margarita Ramírez Gómez. Ingeniera Agrónoma, M.Phil
Guillermo Carrero Herrán. Ingeniero Agrónomo [q.e.p.d.]
Norma Constanza Vásquez. Ingeniera Agrónoma [q.e.p.d.]
Marta Cecilia Aguirre. Ingeniera Agrónoma [q.e.p.d.]

Edición:

Transferencia de Tecnología, C.I. Tibaitatá

200 ejemplares

Producción editorial:

Diseño, diagramación, impresión y acabados



produmédios

Producción de Medios de Comunicación

www.produmedios.com

Tel.: 288 5338 - Bogotá, DC - Colombia

Impreso en Colombia
Printed in Colombia



CONTENIDO

<i>Introducción</i>	7
<i>¿Qué es un sistema silvopastoril?</i>	9
<i>¿Cuáles son las ventajas de los sistemas silvopastoriles?</i>	10
<i>¿En qué consiste un sistema silvopastoril multiestrato?</i>	11
<i>¿Cómo se establece un sistema silvopastoril multiestrato?</i>	11
<i>¿Cómo se selecciona la semilla de leucaena?</i>	14
<i>¿Cómo se escarifica la semilla de leucaena?</i>	15
<i>¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo?</i>	15
<i>¿Qué son los biofertilizantes?</i>	16
<i>¿Por qué es importante la fijación biológica del nitrógeno?</i>	17
<i>¿Qué es Rhizobium spp.?</i>	17

<i>¿Qué es Azotobacter spp.?</i>	18
<i>¿Qué es Azospirillum spp.?</i>	20
<i>¿Qué son las micorrizas?</i>	21
<i>¿Qué ventajas ofrecen las micorrizas?</i>	23
<i>¿Cómo se producen los biofertilizantes?</i>	25
<i>¿Cómo se hace la inoculación con Rhizobium?</i>	26
<i>Evaluación de biofertilizantes en un sistema silvopastoril multiestrato Prosopis juliflora, Leucaena leucocephala y Cynodon nlemfuensis en el Valle Cálido del Alto Magdalena</i>	27
<i>Bibliografía</i>	29



PRESENTACIÓN

La zona del Alto Magdalena es un valle cálido con áreas deforestadas, semiáridas y áridas en las que prevalecen suelos degradados que muestran tendencia a la desertización. Con el fin de recuperar la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de la subregión Valle Cálido del Alto Magdalena, mediante la integración de sistemas silvopastoriles y uso de biofertilizantes, la Corporación Colombiana de Investigación —CORPOICA— con el apoyo financiero del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural ejecutaron el proyecto «Evaluación de biofertilizantes en un sistema silvopastoril multiestrato con *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis* en el Valle Cálido del Alto Magdalena». El ensayo se realizó en el municipio de Piedras (departamento del Tolima), en la Hacienda El Chaco.

La implementación de sistemas silvopastoriles permite mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo; ello en razón a que los arreglos bajo el esquema de estratos permiten disponer de tres niveles que favorecen la cobertura vegetal: el primero está conformado por el pasto Estrella y aporta un cubrimiento permanente al suelo redu-

ciendo el impacto de la lluvia y el viento. Los estratos segundo y tercero están constituidos por árboles leguminosos que incorporan al suelo el nitrógeno atmosférico, aumentando su fertilidad y la protección solar. El cambio de un sistema de pradera en monocultivo a un arreglo de tipo boscoso permite el refugio de aves, reptiles y otros animales. Igualmente, sirve de soporte a especies parásitas y epífitas, mientras en el suelo permite la alimentación de la edafofauna (fauna asociada al suelo), además de la captura de CO₂.

Por su parte, los biofertilizantes constituyen una tecnología con un alto impacto benéfico para los sistemas silvopastoriles, ya que esta asociación permite incrementar la producción, reducir costos, sustituir la fertilización nitrogenada convencional y, adicionalmente, reducir la contaminación de los recursos naturales y ambientales, mejorando la calidad integral de los productos agrícolas. La presente cartilla describe esta tecnología, que es de fácil acceso y puede ser empleada por los productores en diferentes áreas del país donde se establezcan sistemas silvopastoriles multiestrato.



INTRODUCCIÓN

Se considera que los suelos con mayor potencial agropecuario en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena han sufrido procesos degradativos con detrimento de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que han causado reducción de su capacidad productiva y pérdida de la competitividad de los sistemas de producción, principalmente de la ganadería, actividad económica de gran importancia que se extendió en sustitución de los grandes monocultivos de arroz que predominaban en la zona.

Una alternativa viable que permite mejorar la calidad de los suelos es la implementación de sistemas silvopastoriles, los cuales se basan en asociaciones de pastos, arbustos y árboles que contribuyen a la recuperación de las características químicas, físicas y biológicas de los suelos, creando un microclima favorable para la explotación de gramíneas y leguminosas; esto se reflejará en un mejor aporte de alimento de buena calidad, especialmente durante las épocas de sequía, mejorando la productividad del sistema ganadero en el marco de la relación suelo – planta – animal – ambiente.

Los sistemas silvopastoriles ofrecen servicios ambientales como la recuperación y mejoramiento de suelos, los ciclos locales de agua y nutrientes donde se destacan la fijación del nitrógeno, la movilización del fósforo, el mantenimiento, conservación, recuperación de la diversidad biológica y captura de CO₂, que se considera una contribución a fenómenos globales de interés internacional. Además de los beneficios ambientales, favorecen la economía y generan oportunidades para mejorar las relaciones sociales de producción y de desarrollo rural, ya que elevan las respuestas productivas y reproductivas de las explotaciones ganaderas. Varias investigaciones demuestran que los sistemas silvopastoriles compuestos de pasto Estrella *Cynodon nlemfluencis* y *Leucaena leucocephala* incrementan los ingresos, al disminuir costos de producción por el no uso de fertilizantes y disminuir el uso de concentrados, igualmente aumentan la producción y calidad de leche y el número de nacimientos.

La interacción de las micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno contribuye a restituir el equilibrio biológico del suelo, tiene efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de las especies, mejora la nutrición de la planta y reduce el uso de fertilizantes de síntesis química de elevado costo, razón por la cual los biofertilizantes se constituyen en una herramienta de sostenibilidad dentro de los sistemas silvopastoriles.



¿QUÉ ES UN SISTEMA SILVOPASTORIL?

Se conocen como sistemas silvopastoriles aquellos sistemas de producción que incluyen pastos mejorados con alto vigor y productividad, como por ejemplo los pastos Estrella, Guinea o Brachiaria, asociados con arbustos y/o árboles forrajeros; la especie arbórea más usada es la Leucaena, que se siembra a altas densidades —alrededor de 5.000 arbustos/ha—, así como los árboles que generalmente se utilizan para dar sombrío, confort del ganado, producción de leña, extracción de madera y postes; entre éstos se destacan el Algarrobo, el Matarratón, el Guácimo, el Payandé y el Pízamo. También se pueden involucrar bancos de proteína, cercas vivas y árboles asociados con pasturas naturales y/o mejoradas (Figura 1).

Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de agroforestería que combina los pastos para la ganadería con árboles y arbustos



Figura 1. Animales pastoreando en un sistema silvopastoril en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena

¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES?

Las ventajas de los sistemas silvopastoriles son varias: propician un microclima ideal para actividades agrícolas y pecuarias, las especies arbóreas forrajeras proporcionan sombrío al ganado, protegen las praderas contra los vientos, reducen el uso de alimentos concentrados ya que los árboles y arbustos

forrajeros mejoran la calidad del alimento para el ganado y proveen alimento durante todo el año. Además, las leguminosas fijan nitrógeno, lo que permite reemplazar los fertilizantes nitrogenados y reducir los costos de fertilización.

¿EN QUÉ CONSISTE UN SISTEMA SILVOPASTORIL MULTIESTRATO?

Se trata de un sistema de producción que está compuesto por mínimo tres estratos o pisos, definidos por la altura de las especies vegetales utilizadas en él: las gramíneas o pastos en el piso bajo, la *Leucaena* manejada como arbusto para ramoneo en el piso medio y árboles como el Algarrobo manejados en el tercer piso, los cuales producen confort para el ganado; además, sus frutos son consumidos directamente por los animales o se utilizan para hacer harinas y bloques multinutricionales que suplementa la alimentación de los mismos.

¿CÓMO SE ESTABLECE UN SISTEMA SILVOPASTORIL MULTIESTRATO?

Para el establecimiento del sistema silvopastoril es necesario tener disponible el material vegetal por lo tanto se debe recolectar las vainas que contienen las semillas de acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*) y someterlas a escarificado, antes de los cual se debe laborear apropiadamente el terreno como se indicará más adelante. Las semillas de Algarrobo (*Prosopis juliflora*) se obtienen extrayéndolas manualmente de las vainas. El material vegetativo (estolones) del pasto Estrella (*Cynodon nlemfluencis*) se obtiene cortando las plantas a ras de suelo cuando tienen entre 50 y 60 cm de largo, lo cual se

logra en la zona del Valle Cálido del Alto Magdalena en aproximadamente 70 días de descanso de la pradera (Figura 2).



Labores de preparación de suelos



Plántula de Leucaena recién establecida



Semilla vegetativa de pasto



Macolla de pasto Estrella

Figura 2. Algunos de los insumos básicos para el establecimiento de un sistema silvopastoril

La preparación del suelo se hace con uno o dos pases cruzados de arado con cincel vibratorio, lo cual es suficiente para recibir el material vegetativo y la semilla de Leucaena. La siembra del pasto Estrella se realiza esparciendo el material vegetativo e incorporándolo con un rastrillo californiano sin traba, luego de lo cual se debe suministrar abundante riego por espacio de cinco días aproximadamente.

La siembra de la acacia se puede realizar con implemento de siembra directa; se señalan en el potrero franjas con cuatro surcos a una distancia de 0.65 metros entre ellos. La distancia entre las franjas debe ser de 3.0 metros y deben estar orientadas según el eje de recorrido del sol. El algarrobo se establece en un vivero sembrándolo en bolsas; al cabo de cuatro meses se realiza el transplante al sitio definitivo entre la *Leucaena* con distancia de siembra de 10 metros en cuadro.

La acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*) es una leguminosa de rápido crecimiento con una alta producción de forraje verde equivalente a 2.313 kilogramos por hectárea por corte, efectuando entre 8 y 9 cortes al año. Es una especie de tallo flexible que no se quiebra fácilmente cuando es consumida directamente por los animales y tiene un alto contenido de proteína cruda que la habilita como un forraje de excelente valor nutricional; en efecto, estudios realizados en esta zona muestran que la *Leucaena* contiene 23.9% de proteína cruda, presenta buena adaptación a zonas secas y suelos ligeramente ácidos, sin problemas de aluminio, lo que permite su uso en zonas con bajas precipitaciones. Para obtener plantas de *Leucaena* con buen follaje es necesario obtener las semillas de árboles fuertes, sanos y de buena producción, en lo posible de edad uniforme.

Por su parte, el Algarrobo, Cují o Trupillo (*Prosopis juliflora*) es un árbol que, debido a sus espinas, no es consumido por el ganado y por lo tanto, no requiere de protección en su etapa de establecimiento; tiene además una copa rala y sus frutos tienen alto contenido de proteína (13.5%); esta especie puede suministrar sombrero apropiado a partir de los 18 meses.

El pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) es una gramínea bien adaptada a climas cálidos y medios, pues crece en altitudes desde el nivel del mar hasta los 1.800 m.s.n.m. Desarrolla estolones hasta de 5 metros de largo y las raíces crecen a partir de los nudos. La siembra de pasto Estrella se puede realizar esparciendo los estolones para luego ser incorporados con un rastrillo sin traba. En la etapa de prefloración puede alcanzar contenidos de proteína cruda del 11%.

¿CÓMO SE SELECCIONA LA SEMILLA DE LEUCAENA?

Tome del arbusto aquellas vainas secas que contengan semilla; si se observan un poco húmedas, póngalas a secar a la sombra. Una vez secas, deposítelas en sacos de fibra y golpéelas hasta que suelten las semillas a fin de separarlas de las vainas. Recoja la semilla y a continuación elimine las impurezas de mayor tamaño; deposítelas en un recipiente (balde) con agua y después, con ayuda de un cedazo, saque todas las semillas que flotan (llamadas 'vanas'); agite el agua nuevamente y descarte todos los frutos deformes o picados. Esto debe hacerse a través de varios cambios de agua hasta que se observen las semillas completamente limpias. Finalmente ponga secar las semillas a la sombra; después de secas, empáquelas en bolsas de papel, identifíquelas y colóquelas en un lugar fresco.



Figura 3. Leucaena, vainas y semillas

¿CÓMO SE ESCARIFICA LA SEMILLA DE LEUCAENA?

Si va sembrar de inmediato la semilla de Leucaena es necesario realizar una escarificación, proceso tecnológico que, mediante el uso de agua caliente, permite aumentar el número de plantas emergidas de 50% a 85%. El método más común y fácil de realizar la escarificación consiste en utilizar un recipiente de aluminio con capacidad de 6 a 8 litros, en el que se pone a hervir el agua; cuando llegue a su ebullición, baje el recipiente, introduzca la semilla en un talego de fibra por unos 2 a 3 minutos, sáquela y póngala a secar a la sombra, después de lo cual se puede proceder a empacarla.

¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO?

La utilización de los microorganismos benéficos para la agricultura permite obtener mayores rendimientos agrícolas. Diversos microorganismos rizosféricos (que se hallan en la zona de raíces del suelo) contribuyen a mejorar la calidad y productividad de los cultivos mediante la sustitución total o parcial de fertilizantes químicos; además, tienen la capacidad de proteger a las plantas del ataque de organismos patógenos e inciden positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los microorganismos son componentes importantes del suelo que mantienen e incrementan su fertilidad

¿QUÉ SON LOS BIOFERTILIZANTES?

Los biofertilizantes (inoculantes biológicos) son productos que contienen células vivas de microorganismos benéficos para el suelo y los cultivos. Algunos géneros de bacterias y hongos tienen la capacidad de transformar mediante procesos biológicos los elementos nutricionales más importantes para el desarrollo de las plantas de estados no disponibles a formas químicas disponibles; otros grupos de microorganismos mejoran los procesos de absorción de nutrientes. Los biofertilizantes que contienen estos géneros se consideran componentes importantes en el manejo integrado de cultivos, puesto que ayudan a incrementar su productividad por fijación de nitrógeno o por incremento de la capacidad de toma de nutrientes a través del transporte y una mayor eficiencia de la absorción (Figura 4). Algunos de los microorganismos con uso potencial como biofertilizantes son: *Rhizobium* spp., *Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Pseudomonas* sp., y Micorrizas entre otros.



Figura 4. Algunos biofertilizantes producidos por CORPOICA: *Rhizobium*, *Azotobacter*, Micorrizas

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO?

El nitrógeno molecular (N_2) atmosférico es la mayor reserva de nitrógeno del planeta. Aunque su cantidad es prácticamente ilimitada, no puede ser utilizado directamente por vegetales y animales. Sin embargo, existen en la naturaleza organismos capaces de convertir el nitrógeno de la atmósfera en formas químicas disponibles para otros organismos; tal es el caso de las bacterias fijadoras de nitrógeno que establecen relaciones simbióticas (*Rhizobium* spp.) y asimbióticas con plantas (*Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., entre otros).

Todas las formas de vida requieren de nitrógeno para sintetizar proteínas y llevar a cabo diversas funciones bioquímicas; con frecuencia es el nutriente que más limita el crecimiento de plantas, animales y microorganismos

¿QUÉ ES RHIZOBIUM SPP.?

El nitrógeno es un elemento esencial para el desarrollo normal de las plantas y, aunque representa el 78% de la atmósfera, no se encuentra disponible para las plantas, obligando a los cultivadores a emplear fertilizantes químicos de síntesis a base de compuestos nitrogenados que contribuyen a la contaminación ambiental e incrementan los costos de producción para proveer este elemento a las plantas.

El nitrógeno atmosférico (N_2) puede ser utilizado por las plantas siempre y cuando sea reducido a formas asimilables (amonio, nitrato) por éstas. Este proceso lo realizan bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* en presencia de la enzima nitrogenasa cuando se asocian con plantas de la familia *Leguminosae* (leguminosas). Específicamente, el *Rhizobium* es un género de bacterias simbióticas que forman unas estructuras en las raíces de las plantas llamadas 'nódulos', mediante los cuales fijan el nitrógeno del aire y lo vuelven disponible para las plantas, sustituyendo la fertilización nitrogenada.

En general, se estima que la simbiosis leguminosa-bacteria tiene un potencial de fijación entre 52 y 320 kg/N/ha dependiendo de la planta y de las condiciones ambientales. La eficiencia de esta fijación está determinada por la bacteria (algunas cepas poseen mayor o menor capacidad para fijar nitrógeno), la planta leguminosa con la que se asocia y las condiciones ambientales (adaptación a condiciones adversas, prácticas culturales, genotipos de plantas y de la bacteria).

Para lograr los beneficios de la fijación de nitrógeno, se deben seleccionar cepas de la bacteria que presenten características óptimas de infectividad, efectividad, competitividad, persistencia y supervivencia que maximicen la fijación de nitrógeno.

¿QUÉ ES AZOTOBACTER SPP.?

Es un microorganismo habitante regular del suelo, fijador de nitrógeno y productor de sustancias de crecimiento vegetal. Se encuentra asociado a la rizósfera (zona de raíces) y a las hojas (filósfera) de muchas plantas, donde forma unas estructuras especiales llamadas 'quistes'. *Azotobacter* se puede aislar (extraer) del suelo cercano a las raíces de las plantas con técnicas y medios de cultivos especiales; en los medios de cultivo bacteriológico se caracteriza por presentar gránulos con pigmentos de diferentes colores: verdes, rojizos, negros o marrones (Figura 5).

Algunos trabajos de investigación con la utilización de *Azotobacter* spp. han demostrado las bondades de este género: reducción de la fertilización nitrogenada del 40% e incremento de los rendimientos en 25 a 50% en hortalizas; aumentos de 11% en el rendimiento de zanahoria; de 44% en maíz; de 8% en arroz y de 16% en cebada; así mismo, se han demostrado efectos positivos en tomate, trigo, papa y girasol (Figura 5).



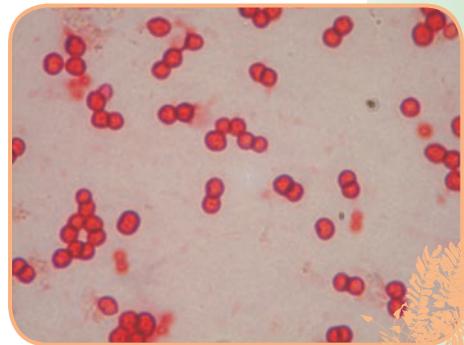
Granos de suelo para aislamiento de *Azotobacter*



Desarrollo de pigmentos de *Azotobacter*



Gránulos de suelo en medio de cultivo



Células de *Azotobacter*

Figura 5. Aspectos de *Azotobacter* spp.

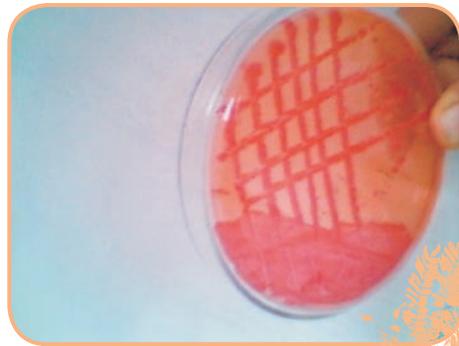
¿QUÉ ES AZOSPIRILLUM SPP.?

Azospirillum spp. es una bacteria de vida libre que prolifera en la rizósfera de muchas plantas tropicales, como cereales, pastos y plantas de tubérculos; su función es fijar nitrógeno transfiriéndolo a las plantas (Figura 6).

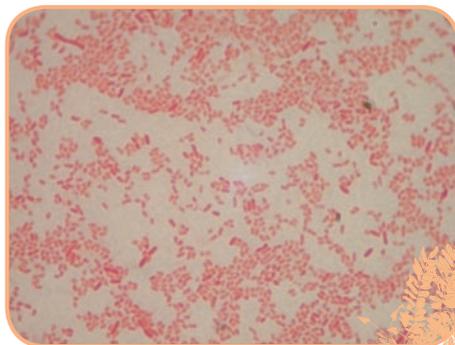
Desde los años 70, el género *Azospirillum* spp. ha sido objeto de estudio por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y estimular el crecimiento vegetal, permitiendo de esta



Raíces para obtener el microorganismo



Aspecto de *Azospirillum* en medio de cultivo especial



Apariencia microscópica del organismo

Figura 6. Aspectos de *Azospirillum* spp.

forma el desarrollo más saludable y económico de las plantas. Varias investigaciones muestran efectos positivos en cultivos de arroz, caña de azúcar y forrajes. Existen reportes de incremento en la producción de arroz del 33% y reducciones del 50% en la fertilización con nitrógeno en el trigo. La inoculación de cereales con *Azospirillum* mejora la calidad proteica de los granos. Al igual que *Azotobacter*, *Azospirillum* se aísla de la rizósfera de las plantas y se caracteriza porque en medios de cultivos con rojo congo las colonias adquieren una coloración rojo escarlata (Figura 6).

La inoculación de las plantas con estos microorganismos provocan cambios significativos en varios parámetros de crecimiento: aumento del número y longitud de los pelos radicales; hay por tanto mayor volumen y número de raíces, lo que capacita a la planta para un mejor aprovechamiento del agua y la absorción de nutrientes del suelo.

¿QUÉ SON LAS MICORRIZAS?

Las micorrizas arbusculares son hongos del suelo que viven en estado simbiótico con la mayoría de las raíces de las plantas terrestres, ayudando a su nutrición y a tolerar factores adversos. En efecto, las micorrizas establecen asociaciones mutuamente benéficas con las plantas, que permiten incrementar el volumen de la raíz y, por tanto, permiten una mayor exploración de la rizósfera. Se consideran como los componentes más activos de los órganos de absorción de nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbiote de nutrientes orgánicos y de un nicho protector.

Las asociaciones simbióticas que se establecen entre las plantas y los hongos pertenecientes a los *Zigomicetos*, orden de los *Glomales*, más conocidas como micorrizas arbusculares, se consideran en la actualidad, a nivel mundial, como biofertilizantes, bioprotectores y bioreguladores para la mayoría de cultivos; por esta razón forman parte del ma-

nejo integrado de suelos y plagas, así como del manejo de los materiales micropropagados en el área de la biotecnología vegetal.

Las micorrizas pueden ser utilizadas en la agricultura como biofertilizantes en varios estados de desarrollo de los cultivos: a nivel de vivero, durante el enraizamiento de las vitroplantas y en establecimiento en campo, constituyendo así una alternativa valiosa para solucionar problemas de micropropagación, aclimatación, establecimiento definitivo y nutrición de diferentes especies de importancia en la agricultura. Además, su uso reduce los costos de producción ya que se requiere una menor aplicación de fertilizantes sintéticos y pesticidas, así como menores volúmenes de riego. De esta forma es posible establecer sistemas de producción más eficientes, precoces y productivos, que aumenten la sostenibilidad de los cultivos.

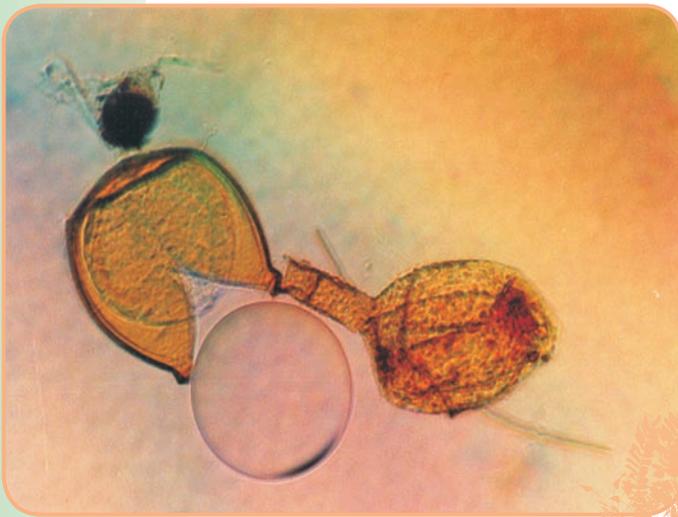


Figura 7. Espora de HMA
Entrophospora colombiana

¿QUÉ VENTAJAS OFRECEN LAS MICORRIZAS?

La simbiosis benéfica planta-hongo de las micorrizas arbusculares se puede promover mediante la aplicación de un inóculo mixto que debe contener una buena dosis de propágulos (raíces micorrizadas, hifas del hongo y esporas). La práctica de inoculación con micorrizas debe ser tomada en cuenta como una alternativa viable que promueve la sanidad y productividad de los cultivos de importancia agrícola. Los estudios demuestran una multiplicidad de ventajas entre las cuales se destacan:

- Contribuyen a la nutrición mineral de la planta, en especial al aporte de fósforo, por absorción, traslocación y transferencia; también intervienen en la nutrición nitrogenada de la planta y en la adquisición de otros nutrientes como zinc, cobre, potasio, calcio, magnesio y azufre.
- Confieren a la planta tolerancia a factores adversos de tipo biótico y abiótico.
- Mejoran la tolerancia a condiciones de estrés hídrico y salinidad.
- Tienen influencia positiva sobre la fotosíntesis de la planta hospedera.
- Promueven la producción de hormonas estimulantes o reguladoras del crecimiento vegetal.
- Incrementan la relación parte aérea—raíz en la planta.
- Se utilizan en recuperación de los suelos porque mantienen los agregados del suelo (glomalina).
- Tienen un uso potencial en suelos degradados o áridos dentro de programas de recuperación de la cobertura vegetal.

- Presentan una interacción positiva con los microorganismos fijadores de nitrógeno, libres y simbióticos, y con otros microorganismos de la rizósfera.

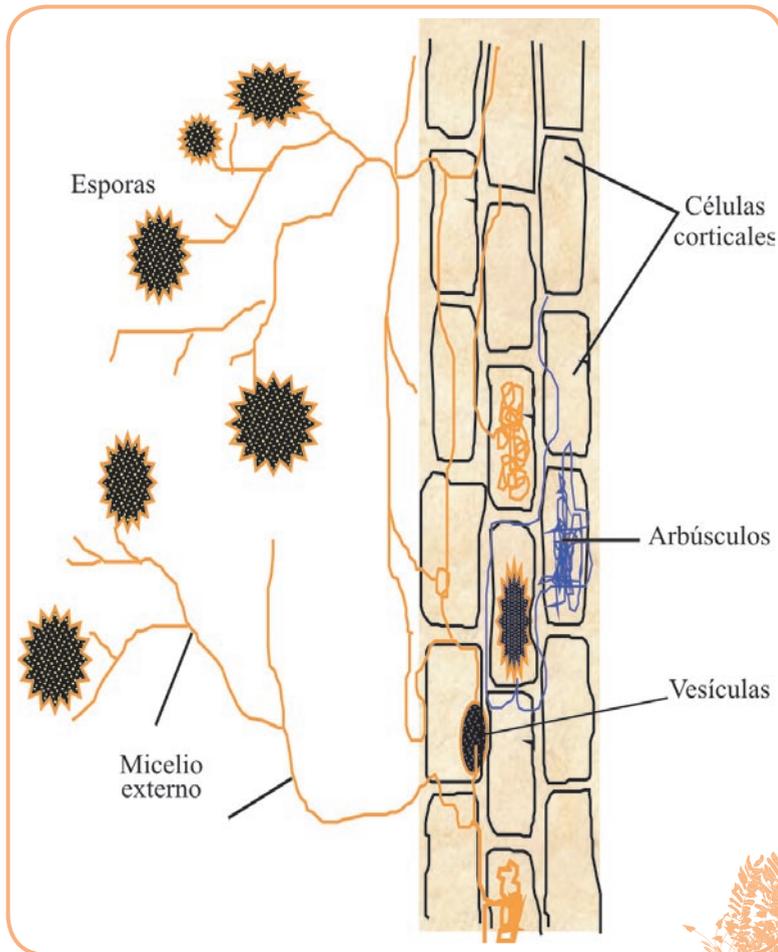


Figura 8. Estructuras básicas de la simbiosis Micorriza arbuscular en una raíz

¿CÓMO SE PRODUCEN LOS BIOFERTILIZANTES?

Una vez que los microorganismos son aislados y purificados (fase microbiológica), deben ser evaluados en campo a fin de garantizar su efectividad (fase agronómica); a continuación se procede a la elaboración de los biofertilizantes. A partir de 1988 se han producido biofertilizantes a escala semicomercial por parte del ICA primero, y en la actualidad por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA–.

En Colombia los microorganismos *Rhizobium spp.* y *Bradyrhizobium spp.* son los géneros más usados en cultivos intensivos de leguminosas de grano y forrajeras, así como en plantas arbustivas y arbóreas. Con la inoculación de las semillas de soya con la cepa específica de *Rhizobium J-01*, es posible lograr un ahorro efectivo del fertilizante nitrogenado equivalente a 200 kg de N/ha, al tiempo que se reportan aumentos en producción entre 300 y 1.000 kg/ha. Similares resultados se han obtenido en diversas leguminosas.

Para la producción de estos biofertilizantes se utilizan varios sustratos en estados sólidos, líquidos o semisólidos. Éstos se esterilizan en el laboratorio y se inoculan con los microorganismos correspondientes. Este soporte inoculado se coloca en incubadora por 8 a 10 días, para su maduración y lograr que el número de bacterias sea el indicado, aproximadamente 10^8 U.F.C. por gramo del soporte. Una vez este proceso termine, se realiza un control de calidad para verificar su concentración y pureza luego de lo cual el biofertilizante puede ser utilizado.

¿CÓMO SE HACE LA INOCULACIÓN CON *RHIZOBIUM*?

Para realizar una inoculación efectiva y garantizar el éxito de la misma hay que atender a las siguientes recomendaciones:

- Realizar el proceso de la inoculación a la sombra para proteger los rizobios de los rayos del sol y el calor que afectan su viabilidad.
- Preparar una solución con agua y azúcar común al 10% (10 gramos de azúcar más 100 mL de agua) en un recipiente limpio (balde, caneca u otro).
- Adicionar 50 gramos del inoculante por cada kilo de semilla de Leucaena a sembrar.
- Homogenizar muy bien la mezcla de tal manera que no queden grumos.
- Agregar la semilla de Leucaena a la solución y agitar fuertemente hasta lograr que toda la semilla quede recubierta con la mezcla.
- Extender la semilla inoculada sobre una lona, papel u otro material, resguardándola de la luz solar y esperar hasta que seque completamente.
- Proceder a la siembra manual o mecánica, cuidando de sembrar el mismo día de la inoculación.

EVALUACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL MULTIESTRATO *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis* EN EL VALLE CÁLIDO DEL ALTO MAGDALENA

Lozano, M.D.¹; Corredor, G.²; Ramírez, M.³; Vanegas, M.⁴; Carrero, G.⁵; Vásquez, N.⁶; Aguirre, M.⁷

^{1,4} Centro Investigación Nataima CORPOICA Km 9 vía Espinal- Ibagué. Programas: Recursos Biofísicos y Nutrición Animal. CORPOICA. nataima@corpoica.org.co

^{2,3} Laboratorio de Microbiología de Suelos. Programa Nacional Recursos Biofísicos. CORPOICA Km. 14 vía Mosquera Tibaitatá. gcorredor@corpoica.org.co

La zona del Alto Magdalena es un valle cálido con áreas desforestadas, regiones semiáridas y áridas, con áreas de suelos degradados que muestran tendencia a la desertificación. La implementación de sistemas silvopastoriles permiten mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, ya que el arreglo del sistema en forma de estratos permite tres niveles que favorecen la cobertura vegetal, el primer nivel conformado por el pasto estrella da un cubrimiento permanente al suelo reduciendo el impacto de la lluvia. El segundo y tercer nivel constituido por árboles leguminosos incorporan el nitrógeno atmosférico aumentando la fertilidad del suelo y la protección solar. El cambio de una estructura de pradera en monocultivo a una estructura de tipo boscoso permite el refugio de aves, reptiles y otros animales. Igualmente, sirve de soporte a especies parásitas y epífitas y en el suelo permite la alimentación de la edafofauna además de la captura de CO₂.

El presente trabajo buscar mejorar la competitividad y sostenibilidad de las explotaciones ganaderas de la subregión Valle Cálido del Alto Magdalena con la incorporación de sistemas silvopastoriles y biofertilizantes para lo cual se utilizó un inoculo mixto de micorrizas (*Acaulospora mellea*, *Entrophosphora colombiana*, *Glomus* sp.) en dosis de 250 kg/ha incorporado al suelo antes de la siembra. Inóculo de *Rhizobium* cepa ICA C-50 en dosis de 50 g/kilo de semilla,

inoculado en la semilla de leucaena. Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno (*Azotobacter* sp. y *Azospirillum* sp.) en dosis de 2 kilos/ha aplicada a la semilla vegetativa de pasto estrella (estolones). Se realizaron aislamientos y evaluaciones del microorganismo *Azotobacter* sp. en laboratorio y casa de mallas.

Las evaluaciones realizadas a los 60 días después de la siembra mostraron que el tratamiento T4 (Mezcla de micorrizas + *Azospirillum* + *Azotobacter* + *Rhizobium*) tuvo una cobertura promedio de 26.1% seguido del tratamiento T3 (Mezcla de *Azospirillum* + *Azotobacter* + *Rhizobium*) con 23.8%. La altura de la Leucaena osciló entre 5 y 50 cm con promedios entre 17.8 y 24.9 cm. Los tratamientos T3 y T5 presenta mayor longitud de estolones con 18 y 15.8 cm, igualmente el T5 presenta mayor numero de macollas, un mayor numero de macollas permite un mayor establecimiento. A los 7 meses de establecido el sistema la cobertura oscilo entre 58% y 90% promedio entre los tratamiento, siendo el T5 (Mezcla Micorrizas + mezcla *Azospirillum* + *Azotobacter*) el de mayor cobertura, siendo superior al testigo en un 35%, igualmente la disponibilidad de forraje seco fue mayor en el tratamiento T5 190 g/m², así como la disponibilidad de forraje verde con 433 g/m², seguido del tratamiento T4 (Mezcla Micorrizas + *Rhizobium* sp. mezcla *Azospirillum* sp. + *Azotobacter* sp.) 383 g/m².

Teniendo en cuenta la producción de forraje verde/m², se puede establecer una producción aproximadamente de 4.5 toneladas de forraje verde/ha que puede sostener una carga animal de 2.5 a 3 unidades de gran ganado/ha; los promedios de carga animal en la zona están por debajo de 0.9 unidades de gran ganado/ha. Un ensayo con terneros destetos de 10 meses pastoreando en el sistema silvopastoril mostró incrementos de ganancia diaria de peso en 729 g/animal/día a los 90 días, concluyendo que este sistema es una opción valiosa para el manejo de sistemas ganaderos en la región.

Trabajo presentado en el seminario ENIESA II – Manizales, agosto/2004

BIBLIOGRAFÍA

- Azcón-Aguilar, C.; Barea, J.M.** 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae*. 68:1-24.
- CORPOICA.** 2003. Manual de Procedimientos Técnicos Planta de Producción de Inoculantes Rhizobianos. Bogotá, 2003.
- CORPOICA.** 2003. Manual de Procedimientos Técnicos Planta de Producción de Micorrizas Arbusculares. Bogotá, 2003.
- Giller K.E. and Wilson K. J.** 1991. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International, Wallingford.
- Lozano, M.D.** 2003. Hablemos de dos bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. En: Programa capacitación en agricultura ecológica y conformación de grupos de pequeños agricultores en cuatro veredas del municipio de Ibagué. Convenio Alcaldía Municipal Ibagué y Creced Tolima.
- Sánchez de Prager, M.** 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. pg. 25-92.
- Serralde, A.M.; Corredor, G.A.; Roveda, G.; Ramírez, M.** 2003. Biofertilizantes rizobianos. Alternativa para manejo sostenible de cultivos de soya.

IN MEMORIAM

Esta publicación constituye un homenaje póstumo a nuestros queridos compañeros Guillermo Carrero Herrán, Norma Constanza Vásquez y Marta Cecilia Aguirre, quienes dedicaron su vida a la búsqueda de mejores condiciones y calidad de vida para las comunidades rurales a través de la investigación y la transferencia de tecnología.



Guillermo Carrero Herrán



Norma Constanza Vásquez Acosta



Marta Cecilia Aguirre Gaviria



Se terminó de imprimir en los talleres de



produmédios

Producción de Medios de Comunicación

www.produmédios.com

Tel.: 288 5338

Bogotá, D.C. - Colombia

