

Beneficios de aplicar **materia orgánica** e inóculos micorrizales en los suelos cultivados

Octavio A. González M.

Ingeniero Agrónomo
Maestría en Suelos
Universidad Nacional de Colombia
octaviog@abonamos.com
Colombia

Foto: Departamento Técnico de Abonos S.A.

Resumen

El crecimiento y desarrollo de cualquier sistema de cultivo, incluyendo los pastos, tiene una relación directa con la materia orgánica y los microorganismos del suelo. Actualmente es necesario trascender el manejo de los suelos, desde un punto de vista exclusivamente químico, debido al costo ambiental y económico que generan y, más importante aun, por la baja sostenibilidad que producen en el sistema. Por tanto, es importante volver la mirada a otras formas de manejo de los sistemas de cultivo, que definitivamente deben involucrar la utilización de materiales orgánicos de buena calidad y la introducción de microorganismos benéficos que impacten los ciclos biogeoquímicos de elementos tan determinantes en el desarrollo de las plantas como son el nitrógeno y el fósforo.

El manejo de la fertilización química tradicional está generando grandes desequilibrios en los suelos. Al alterar su capacidad de intercambio y amortiguación, las alteraciones de pH son dramáticas. Igualmente se está generando una reducción

drástica de los contenidos de materia orgánica, que descompensa los suelos en propiedades tan importantes como la capacidad de retención de humedad, la porosidad, la densidad aparente y su dinámica microbiana, lo que hace que la población nativa de microorganismos benéficos se reduzca a niveles tan bajos que limita su expresión. Es necesario garantizar la sostenibilidad de los sistemas de producción mediante un adecuado manejo de la fertilización que involucre la utilización correcta de fertilizantes químicos, materia orgánica y microorganismos benéficos.

Abstract

The growth and development of any agricultural system, including pastures, is directly related to organic matter and soil microorganisms. Nowadays, it is necessary to transcend the exclusively chemical soil management, due to its high economical and environmental costs, and even more important because of the low sustainability that chemical soil management produces in the system. That is how it becomes

relevant to take a look to other ways of agricultural system management, which must definitely involve the use of high quality organic matter and the introduction of beneficial microorganisms in order to impact the biogeochemical cycles of determinant elements in the plant development, such as nitrogen and phosphorus.

The traditional chemical fertilization method generates big imbalances in the soil by modifying its cation exchange and buffering capacity, so the pH alterations are dramatic. It also generates a drastic reduction of organic matter contents in the soil that impacts important properties such as water holding capacity, porosity, bulk density, and microbial dynamic, which reduces the native beneficial microorganism population to levels so low that limit their expression. It is necessary to guarantee the sustainability of production through an appropriate fertilization management system that involves the correct use of chemical fertilizers, organic matter, and beneficial microorganisms.

Situación actual en el manejo de los suelos

El uso indiscriminado del suelo, sustentado en la implementación de prácticas agropecuarias inadecuadas y sumando a los fuertes fenómenos ambientales como el cambio climático y la deforestación, han generado que el rendimiento de los cultivos sea cada vez menor. Dicho descenso en el rendimiento se debe, entre otros factores, a procesos erosivos (pérdida de capa arable), contaminación (agroquímicos) y alteración de la biología del suelo (pérdida de microorganismos benéficos). La producción de alimentos y el rendimiento de los cultivos debe ser consecuente con el ambiente, de lo contrario se afectan los recursos de la naturaleza al estar en contradicción con los procesos naturales que posibilitan su sostenibilidad y equilibrio.

Los suelos sembrados con monocultivos presentan un deterioro progresivo debido a incorrectos procesos de preparación de tierras y mal manejo del cultivo que involucra la utilización de altas dosis de fertilizantes químicos,

Mucho se ha discutido sobre los beneficios reales de aplicar materia orgánica e inóculos microbianos a los suelos y si el efecto buscado está en aras de impactar los cultivos o los suelos. Lo que podemos afirmar en este sentido es que mediante la aplicación de estos componentes se busca mejorar y acondicionar los suelos para recomponer equilibrios químicos y biológicos en el sistema suelo. Los cultivos, una vez establecidos, tienen mayor “confort” y mayores posibilidades de asimilar elementos nutrientes, lo cual debe repercutir en mejores tasas de crecimiento y desarrollo de los sistemas agrícolas. En términos finales, mayor productividad y mayores beneficios económicos son las pretensiones reales de cualquier productor agropecuario.

Hoy por hoy tenemos claridad conceptual sobre esta terminología. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha reglamentado los procesos y los ha normalizado, lo cual debe dar mayor tranquilidad a los productores para utilizar productos que cuenten con todos los registros exigidos por el ICA. En este sentido, se define el término “bioabono” como aquella sustancia o mezcla de sustancias elaboradas a partir de un abono orgánico, obtenido de procesos de compostaje de residuos sólidos o materiales orgánicos separados en la fuente, utilizado para mejorar

las características biológicas de un suelo y al cual se le han adicionado artificialmente, en la etapa final de formulación, inoculantes biológicos que contienen microorganismos viables que son garantizados en la composición del producto (Resolución ICA 689 del 4 de febrero de 2011).

Igualmente la misma norma define “inoculante biológico” como la sustancia o mezcla de sustancias que contienen microorganismos viables benéficos, sin incluir microorganismos patógenos para humanos, plantas y animales; que al aplicarse al suelo o a las semillas promueve el crecimiento vegetal o favorece el aprovechamiento de los nutrientes en asociación con la planta o su rizósfera (parte del suelo inmediata a las raíces donde tiene lugar una interacción dinámica con los microorganismos). Incluye, entre otros, los productos elaborados con micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno.

Con base en lo planteado, se discute a continuación los beneficios de la aplicación conjunta de la materia orgánica compostada, estabilizada y sanitizada, enriquecida con hongos formadores de micorrizas.

Suelos con nitratos micorrizados

Foto: Departamento Técnico de Abonos S.A.

lo que ha generado dependencia a dichos fertilizantes, por lo que cada vez se van a requerir mayores cantidades de ellos para obtener los mismos rendimientos. Tal dependencia se debe a la disminución de la capacidad de intercambio del suelo por la pérdida de materia orgánica. Por tanto, es urgente implementar acciones para restituir estas pérdidas, compensar esta situación y recuperar la biología del suelo.

Estas actividades, en conjunto, han originado la pérdida constante de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Esto se traduce en una reducción de su nivel productivo, por la disminución constante y progresiva de la materia orgánica. El componente biológico (regulado por la materia orgánica) fue considerado por muchos años de poca importancia; sin embargo, en la actualidad se reconoce su función como eje fundamental en el incremento de la disponibilidad de los componentes orgánicos y sintéticos aplicados como fertilizantes. Una alternativa de manejo, que permite recuperar las condiciones de fertilidad y aún mejorarlas, es la aplicación de materia orgánica de buena calidad, cuya función primordial es mantener y aumentar el potencial de microorganismos habitantes del suelo con el fin de mejorar sus propiedades biológicas, físicas y químicas. Con la aplicación de materia orgánica se consigue mejorar las características del suelo para garantizar un mejor crecimiento y desarrollo de cualquier especie vegetal.

¿Dónde aplicar?

La mayoría de los suelos de nuestro país manifiestan una preocupante disminución del valor pH, y tienen contenidos altos en aluminio y muy bajos de materia orgánica. Es prioritario iniciar un esquema de manejo para esta situación donde necesariamente se debe considerar la aplicación de materia orgánica de buena calidad y hongos formadores de micorrizas, para mejorar la nutrición de la planta y garantizar un adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos.

En general los suelos se caracterizan por ser de baja fertilidad. Los principales elementos nutrientes para los cultivos escasean. Esta situación se agrava por las malas prácticas de cultivo, como las quemas y los sistemas de siembra, que generan pérdida de la capa arable, la materia orgánica y los organismos benéficos. En el país hay predominio de suelos ácidos con abundante aluminio, que restringen el crecimiento vegetal y limitan la eficiencia de la fertilización, particularmente la fosfórica. Es así que los fertilizantes fosfóricos que se aplican se pierden fácilmente y no quedan disponibles para las plantas. Por esto, la tarea de captar el fósforo recae en los hongos formadores de micorrizas.

Todos los suelos y cultivos son mejorados con la aplicación de materia orgánica de buena calidad, es decir, aquella libre de patógenos y enriquecida con microorganismos benéficos que, una vez aplicada al suelo, recobra las características fisicoquímicas y biológicas del terreno. Esta mejoría se debe a que se activan todos los procesos biológicos en el suelo. Unos de los parámetros que deben destacarse de la actividad de la materia orgánica son: su aporte a la capacidad de intercambio, soportado en el alto contenido de carbono orgánico, y su alta posibilidad de retención de humedad; características que hacen que se mejoren ostensiblemente todas las propiedades del suelo y se incremente la productividad del terreno (Tabla 1).

Igualmente, la llegada de microorganismos benéficos, previamente estabilizados y soportados en materiales orgánicos, estimula la actividad biológica del suelo. De esta forma se optimiza el proceso de estabilización de la materia orgánica y, por lo tanto, los beneficios se potenciarán al recuperar y restablecer equilibrios y dinámicas microbianas en el suelo.



Foto: Archivo COLANTA

En muchos casos el conocimiento del efecto de la materia orgánica sobre el suelo es incompleto. Tradicionalmente se considera que todas las materias orgánicas son iguales y que todo lo orgánico es inocuo e inofensivo. Pero no hay situación más incorrecta, ya que al aplicar materia orgánica cruda a los suelos se generan graves problemas ambientales, para la salud de las plantas, los animales y el hombre. Hoy, las materias orgánicas crudas son consideradas por la legislación vigente como un agente contaminante y fuente de muchos patógenos. La ley expresamente prohíbe realizar aplicaciones de materia orgánica cruda. Su utilización, sin ningún tratamiento previo, acarrea sanciones legales.

La materia orgánica

El suelo NO es un medio inerte. Al contrario, es dinámico, vivo. Es la base para sustentar la producción de alimentos. Al ser el recurso más expuesto y frágil a los procesos de degradación, su manejo afecta positiva o negativamente su dinámica interna y productiva. Por consiguiente, se deben crear las condiciones para mejorar su dinámica biogeoquímica e incrementar su capacidad productiva en el tiempo, lo cual está principalmente sustentado en adecuadas aplicaciones de materia orgánica

La materia orgánica del suelo es un indicador bioquímico muy significativo y debe ser un factor primordialmente estimado cuando se considera la calidad del suelo. La aplicación de la materia orgánica tiene efectos marcados en la totalidad de las propiedades del suelo, por

lo que se considera como un mecanismo de mejoramiento. Está ampliamente demostrado que su empleo incrementa la producción de los cultivos, inclusive cuando son aplicados en suelos que presentan altos contenidos de materia orgánica nativa.

La materia orgánica del suelo es un compendio de materiales, que comprende desde los residuos frescos de animales y vegetales hasta una serie de polímeros que no se identifican

químicamente en forma exacta. El contenido decrece al aumentar la profundidad del perfil del suelo y aumenta con la altitud, por lo que en zonas frías el contenido es mayor por las bajas tasas de mineralización, debido a las bajas temperaturas (Tabla 2). La cantidad y el tipo de materia orgánica de un suelo dependen del aporte de materiales orgánicos que se haga y de la velocidad de su descomposición.

Tabla 1. Efecto de la materia orgánica sobre algunas propiedades del suelo (adaptada de Jaramillo, 2002).

Propiedad	Efecto al aumentar el contenido de materia orgánica
Estructura Porosidad Aireación Infiltración Drenaje Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el tamaño y la estabilidad de los agregados. • Incrementa la cantidad de los macroporos. • Mejora la circulación del aire y del agua dentro del suelo. • Amplía la capacidad de retener agua, sobre todo a bajas tensiones y cuando el suelo es arenoso.
Consistencia Erodabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Eleva la friabilidad (reducción en partículas más finas), disminuye la pegajosidad, la plasticidad y el encostramiento (formación de capa endurecida) superficial. Con esto se facilita el laboreo del suelo. • Reduce la susceptibilidad del suelo a la erosión.
Color	<ul style="list-style-type: none"> • Oscurece el suelo facilitando su calentamiento, con lo cual mejora la germinación de las semillas y el desarrollo radicular.
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa su valor. En términos generales, 1 gramo de carbono orgánico humificado (uno de los productos de la descomposición de la materia orgánica) aporta entre 3 y 4 mili equivalentes a la CIC.
Capacidad buffer y pH	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora los equilibrios químicos en el suelo.
Nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> • Aporta principalmente nitrógeno, fósforo y azufre durante el proceso de mineralización. Puede ocasionar fijación de algunos elementos menores. La disponibilidad de algunos nutrientes se puede ver reducida debido a la formación de complejos estables, como la formación de quelatos (estructura molecular en la que los iones metálicos se hallan unidos a un compuesto orgánico) con cobre, manganeso, hierro y zinc, entre otros, o a los procesos de adsorción selectiva de algunos iones.
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> • Almacena compuestos y elementos tóxicos, como lo son algunos ingredientes activos no degradables de agroquímicos o metales pesados (por ejemplo: plomo y níquel).
Biota (repertorio de especies de un ecosistema)	<ul style="list-style-type: none"> • La principal fuente de energía para los organismos que viven en el suelo es la materia orgánica.

Tabla 2. Niveles críticos para el contenido de materia orgánica del suelo, en diferentes condiciones climáticas, para Colombia (ICA, 1992).

Contenido de materia orgánica (%)			
Clima	Bajo	Medio	Alto
Cálido	< 2	2 - 3	> 3
Medio	< 3	3 - 5	> 5
Frío	< 5	5 - 10	> 10

Las micorrizas

El término micorriza significa hongo-raíz y hace referencia a la asociación mutualista (unión armónica e íntima) que existe entre un grupo de hongos y las raíces de las plantas. La asociación se establece de forma natural y constante entre las raíces de la mayoría de las plantas (95% de las especies vegetales) y ciertos hongos del suelo. El mutualismo implica el establecimiento de una gran dependencia entre hongo y raíz, de manera tal que el primero se integra a la estructura radical, formando parte de ella y estableciendo un sistema integrado y homogéneo (Figura 1).

El hongo coloniza la raíz de la planta y le proporciona nutrientes y agua que absorbe del suelo por medio de su red externa de hifas (Figura 2). El hongo aumenta el volumen de suelo que entra en contacto con la raíz. Se ha demostrado que una raíz micorrizada puede explorar 300 veces más volumen de suelo que una planta no micorrizada, porque las hifas pueden recorrer de 8 a 14 centímetros fuera de la raíz. También el hongo, al extender el área radical, facilita que la planta incremente su capacidad de sostenerse físicamente en dicho suelo, mejorando su resistencia y adaptabilidad. Las micorrizas no son específicas, por eso una especie de ellas puede colonizar a muchas especies de plantas. Su población se afecta principalmente por factores del suelo como textura, pH, materia orgánica, disponibilidad de nutrientes y el uso de agroquímicos. En texturas livianas y con altos contenidos de materia orgánica, la población de las micorrizas es mayor.

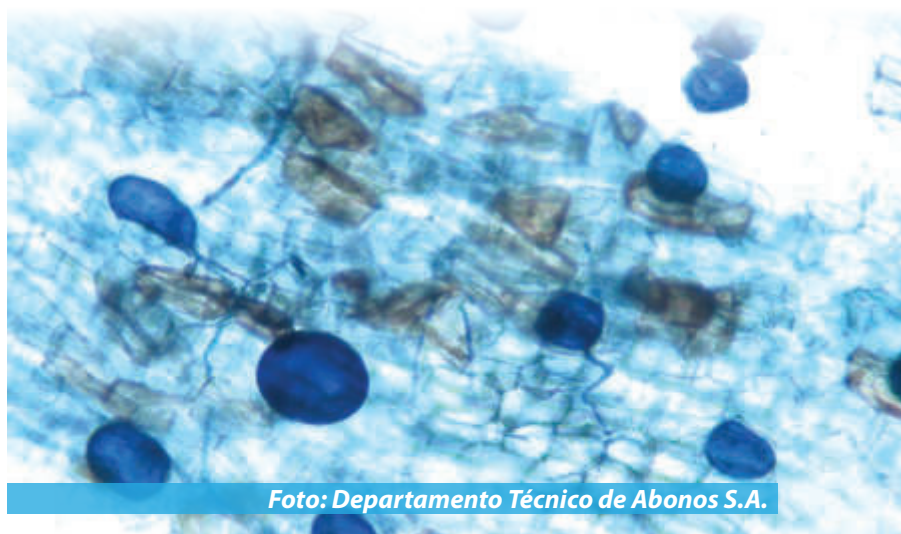


Foto: Departamento Técnico de Abonos S.A.

Figura 1. Micorriza: Asociación hongo – raíz. La imagen muestra una raíz colonizada por hongos formadores de micorrizas.



Figura 2. Red de hifas externas de los hongos formadores de micorrizas, lo cual mejora la nutrición de la planta.

Numerosos estudios han demostrado que la inoculación artificial con hongos micorrizales, a especies de interés agrícola, incrementa la nutrición, favorece el crecimiento de la planta y le permite, a su vez, superar situaciones de estrés biótico y abiótico. Los beneficios económicos se derivan de una mayor y más uniforme producción, un aumento en la rapidez de crecimiento y entrada en producción de las plantas, una mejor calidad de la cosecha, y el ahorro en fertilizantes, riego y productos fitosanitarios. Los efectos benéficos en el crecimiento de las plantas, propiciados por las micorrizas, normalmente se relacionan con el incremento de la toma de nutrientes no móviles, especialmente el fósforo. Los nutrientes que por su ubicación no estaban disponibles para la planta, se hacen accesibles debido a que el micelio disminuye la distancia a la que deben difundir los iones de fósforo y aumenta la superficie de absorción (Figura 3).

Los bioabonos: materia orgánica con micorrizas

Una mezcla de materia orgánica enriquecida con hongos formadores de micorrizas es un **bioabono** bastante efectivo, que permite obtener beneficios conjuntos de los dos componentes. Esta mezcla se encuentra reglamentada por la norma ICA 375 de 2004. Su comportamiento análogo es el de un mejorador orgánico de suelos. Los inóculos micorrizales mejoran los procesos de nutrición vegetal y se constituyen en bioprotectores de la mayoría de especies vegetales. Por su parte, la materia orgánica es el vehículo para mejorar, al mismo tiempo, la estabilidad y efecto de los hongos formadores de micorrizas, que garantiza un efecto directo en el suelo.

Los **bioabonos** son complemento de los fertilizantes. Son un

producto para ser aplicado al suelo que mejora todas sus características biorgánicas y fisicoquímicas, lo cual aumenta el crecimiento y desarrollo vegetal (Figura 4). Los beneficios de la inoculación temprana con hongos formadores de micorriza repercuten en una reducción del aporte de fertilizantes y optimiza las condiciones fitosanitarias de los cultivos, además posibilita un ahorro del suministro de agua al permitir que la planta la absorba mejor.

Beneficios de su aplicación

- Mejora las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.
- A nivel físico mejora la porosidad, la densidad y la estructura del suelo.
- Aumenta la capacidad de retención de agua, optimizando el balance de los nutrientes del suelo.
- Incrementa el desarrollo radicular de las plantas.
- Facilita la liberación de nutrientes por su alta capacidad de intercambio catiónico.
- Acrecienta la cantidad de microorganismos benéficos del suelo.
- Garantiza un mejor y más rápido desarrollo de las plantas, en todas sus etapas.
- Eleva la tolerancia a los efectos de veranos prolongados
- Intensifica la resistencia al ataque de plagas y enfermedades
- Reduce el porcentaje de pérdida de plantas en las etapas de siembra.
- Posibilita un mejor anclaje.
- Acrecienta la capacidad de producción.

Foto: Archivo COLANTA

Foto: Departamento Técnico de Abonos S.A.

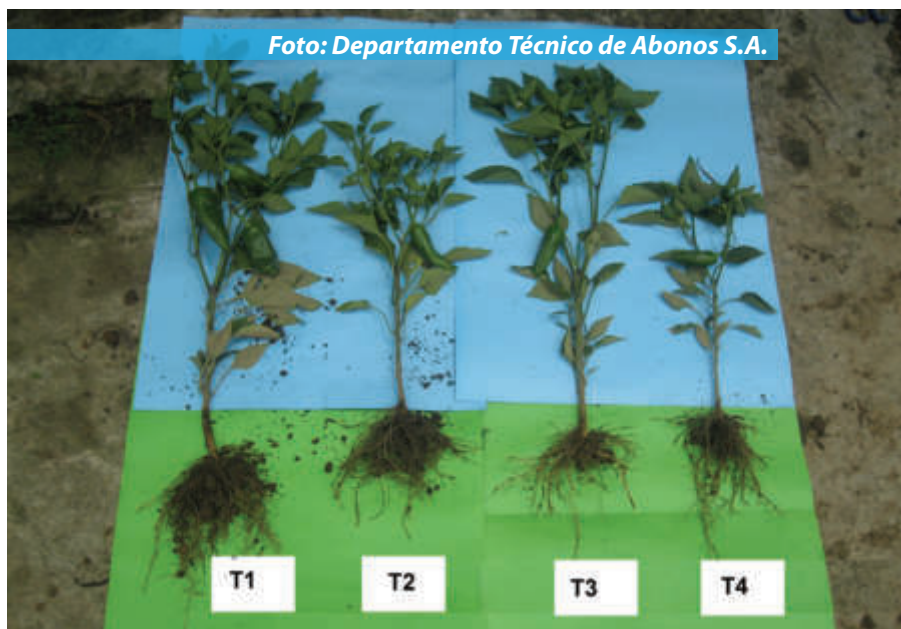


Figura 3. Efecto de la aplicación de un bioabono (materia orgánica con micorrizas - T1) sobre el desarrollo de plantas de pimentón. Nótese el efecto sobre la producción de biomasa y sistema de raíces.

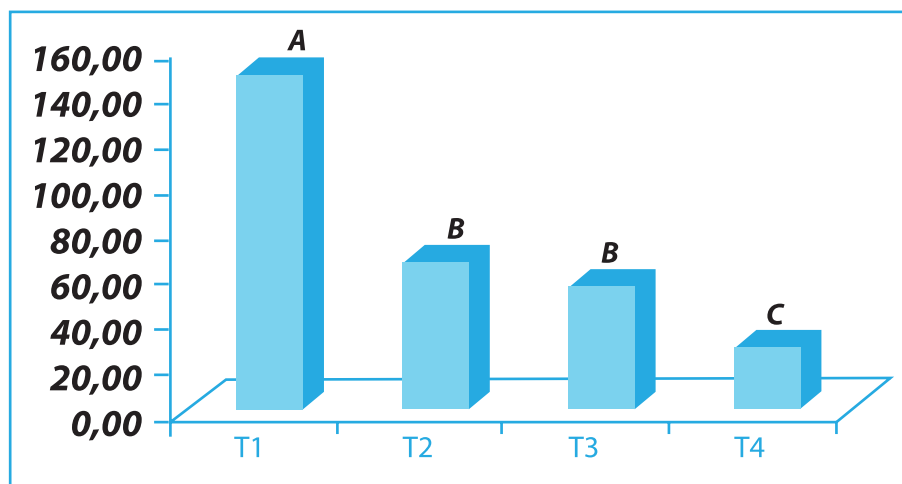


Figura 4. Efecto significativo del bioabono (T1) sobre los demás tratamientos. Estos resultados corresponden a la prueba de eficacia del Bioabono Nitrafos Micorrizado.

El uso de materia orgánica y microorganismos para el manejo de la fertilidad del suelo

Son muchos los aspectos a considerar para dar un manejo adecuado del suelo que permitan mantener en el tiempo su productividad. Estas medidas deben estar orientadas a evitar la eliminación de la cobertura vegetal, el sobre pastoreo, la deforestación y la quema. De igual manera se debe reducir la labranza intensiva, dar un manejo adecuado al uso de fertilizantes sintéticos, controlar el uso de plaguicidas e incrementar las aplicaciones de materia orgánica compostada, libre de patógenos y enriquecida con hongos micorrizales, lo cual permitirá mantener la fertilidad natural de los suelos.

La conservación y mantenimiento de la fertilidad del suelo debe ser determinante en el manejo de cualquier sistema de producción agrícola. La diversificación productiva, en el espacio y el tiempo, son fundamentales para lograr el máximo ciclaje y reciclaje de nutrientes e impactar positivamente el suelo. Cuanto más diverso y complejo sea un sistema agrícola, el nivel de conservación de la fertilidad actual y potencial del suelo es mayor y, además, permite que el agroecosistema sea más estable y sustentable frente a las situaciones impredecibles del clima y la presencia de plagas y enfermedades. Esta condición permite estabilizar los niveles de materia orgánica, balancear adecuadamente los nutrientes y garantizar una abundante población de la macro y microfauna que regula la actividad biológica del suelo.

Estas prácticas de manejo deben minimizar la tasa de degradación física, química y biológica del suelo. En todos los casos, el manejo debe propiciar la mayor actividad de los microorganismos simbióticos y asimbióticos para incrementar la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. En este sentido, el uso de bioabonos y la adecuada labranza generan condiciones favorables para la acción microbiana. El incremento de la actividad biológica del suelo también facilitará la solubilidad de los minerales primarios que contengan fósforo, potasio, calcio y magnesio, de esta manera incrementan su disponibilidad para ser aprovechados por las plantas (Figura 5 y 6).



Figura 5. Efecto de la aplicación de materia orgánica y micorrizas sobre pasto *Brachiaria* en un suelo de los Llanos Orientales.



Fotos: Departamento Técnico de Abonos S.A.

Figura 6. Efecto de la aplicación de una enmienda mineral.

Los agricultores aceptan cada vez más las ventajas comparativas de los microorganismos (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Micorrizas*, *Azospirillum*, *Azolla*, entre otros) para mejorar la fertilidad biológica del suelo. Prueba de ello es que los inóculos comerciales tienen mayor demanda. Con ellos, los compradores buscan disminuir el uso de fertilizantes sintéticos, reducir pérdidas y hacer más eficiente su aplicación. Así se logran mayores beneficios económicos y se mejora el equilibrio ecológico de los suelos.

La agricultura comercial usa gran cantidad de insumos, por lo que se hace necesario implementar técnicas de

sustitución de insumos (en lo posible aumentar el uso de insumos orgánicos y reducir los materiales sintéticos). Sobre la base de este proceso se debe organizar una producción orientado a la diversificación. Esta medida permitirá ingresos complementarios en el sistema, que van a ser de mucho beneficio para el agricultor. Estas técnicas deben incluir el uso de diversas formas de materia orgánica, el uso de biofertilizantes y minerales, que cada vez son innovados y validados. En definitiva la mejor opción de manejo al suelo depende de un enfoque integral, donde el sistema productivo, al igual que la fertilidad del suelo, debe ser sustentable.

Referencias

- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Resolución 689 de 2004. Bogotá: ICA. Febrero 4 de 2011.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Resolución 375. Bogotá: ICA. Febrero 27 de 2004.
- JARAMILLO, D. Introducción a la Ciencia del Suelo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. 2002. 456 p.