



PRODUCCIÓN, USO Y MANEJO DE BIOESTIMULANTES, ABONOS ORGÁNICOS, ACONDICIONADORES, Y BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE FUENTES NO CONVENCIONALES

Luz Alba Luna Celler



AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a quienes hicieron posible las experiencias que se compilan en este documento, las cuales serán sin duda un aporte valioso en la definición de alternativas para una agricultura sostenible y la obtención de productos más saludables para los consumidores.

Particularmente se hacen expresos los agradecimientos a PRONATTA por haber facilitado los recursos para los estudios realizados y la publicación de los mismos.

A profesionales y técnicos de Corpoica Regional Siete, especialmente a quienes laboran en los Centros de Investigación El Arsenal en Enciso y Salamagá en Rionegro.

A la Fundación Granja El Puente en Lebrija, Santander.

A técnicos de las UMATA de los municipios de Soatá y Covarachía en Boyacá, Chitagá en Norte de Santander y Piedecuesta en Santander.

A los estudiantes de la UIS sede Málaga, que participaron activamente en el estudio.

A los agricultores quienes aportaron su experiencia y trabajo permanente.

A las Secretarías del Centro de Investigación El Arsenal, quienes realizaron la digitación del documento.

Finalmente, a todas aquellas personas que en forma desinteresada trabajaron en la elaboración y producción de la publicación.

CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACIÓN	9
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PRODUCCIÓN, USO Y MANEJO DE BIOESTIMULANTES	13
2.1. CALDO MICROBIAL AERÓBICO	13
2.2. CALDO MICROBIAL ANAERÓBICO	14
2.3. EXTRACTO DE MANTILLO	15
2.4. USO DE LOS CALDOS MICROBIALES	16
3. PRODUCCIÓN, USO Y MANEJO DE ABONOS ORGÁNICOS SÓLIDOS Y ACONDICIONADORES FÍSICOS.	18
3.1. COMPOSTAJE SOLARIZADO	18
3.2. COMPOSTAJE BAJO TECHO	22
3.3. LOMBRICOMPOSTAJE EN MÓDULOS INTEGRADOS BAJO TECHO	23
3.4. USO DE ABONOS ORGÁNICOS SÓLIDOS	26
4. PRODUCCIÓN, USO Y MANEJO DE ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS	27
4.1. EL HIDROSOLUBLE	27
4.2. ÁCIDOS SOLUBLES	27
4.3. SUSTANCIAS HÚMICAS	28
5. MULTIPLICACIÓN DE HONGOS ENDOMICORRÍCICOS (VA) PARA LA PRODUCCIÓN DE INOCULANTES	28
5.1. MUESTREO PARA LA SELECCIÓN DE HONGOS NATIVOS	28
5.2. CONSTRUCCIÓN Y MANEJO DE BANCOS DE MICORRIZAS PARA MULTIPLICACIÓN DE INÓCULO ENDOMICORRIZAL Y PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE	29
5.3. UTILIZACIÓN DEL INÓCULO PRODUCIDO	31
6. CALIDAD DE LOS BIOPREPARADOS	32
6.1. CALDOS MICROBIALES	32
6.2. ABONOS ORGÁNICOS	34
6.3. HONGOS MICORRÍCICOS VESÍCULO ARBUSCULARES NATIVOS E INTRODUCIDOS	41
7. ALGUNAS EXPERIENCIAS CON EL USO DE LOS BIOPREPARADOS	45
7.1. EXPERIENCIAS EN PASTOS	45
7.2. EXPERIENCIAS EN FRÍJOL	48
7.3. EXPERIENCIAS EN MAÍZ	54
7.4. CAMBIOS EN EL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL SUELO POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LOS BIOPREPARADOS	54
8. RESPUESTA ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ESTUDIADOS A LA APLICACIÓN DE DIFERENTES BIOPREPARADOS	58
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Contenidos de nutrientes en estiércol de equinos y bovinos en estado sólido natural y en caldos microbiales.	33
Tabla 2. Contenidos nutricionales en compost obtenidos a partir de mezclas de residuos orgánicos.	36
Tabla 3. Contenidos nutricionales en lombricompost obtenidos a partir de diferentes residuos orgánicos.	37
Tabla 4. Recuento microbiológico en muestras de abonos orgánicos.	40
Tabla 5. Aislamientos microbiales en muestras de abonos orgánicos.	41
Tabla 6. Comportamiento (No. de esporas y % de colonización) de hongos nativos formadores de micorrizas V.A. en suelos de Santander.	43
Tabla 7. Comportamiento (No de esporas y % de colonización) de diferentes hongos micorrícicos V.A. en banco de micorrizas con <i>Brachiaria decumbens</i> y maíz en el C.I. El Arsenal. Enciso, 1999.	44
Tabla 8. Producción media de forraje (Materia Seca en Kg/ha) en una pradera de pasto kikuyo en función de la fertilización y número de corte en diferentes municipios. Años 1998-1999-2000.	46
Tabla 9. Producción media de forraje (Materia Seca en Kg/ha) por corte, en una pradera de <i>Brachiaria decumbens</i> en función de la fertilización en Piedecuesta (Santander).	47
Tabla 10. Producción media de Materia Seca (Kg/ha) del pasto Taiwan según tipo de fertilización y número de corte. Enciso 1999.	48

	Pág.
Tabla 11. Producción Media (Kg/ha) de frijol arbustivo ICA Rovirense en función del tipo de fertilización en diferentes zonas agroecológicas.	50
Tabla 12. Producción media (Kg/ha) de frijol arbustivo ICA Froilán en función del tipo de fertilización en diferentes zonas agroecológicas.	51
Tabla 13. Producción media (Kg/ha) de frijol arbustivo C.ARS-59 en función del tipo de fertilización en diferentes zonas agroecológicas.	52
Tabla 14. Producción media (Kg/ha) de frijol arbustivo en función del tipo de fertilización en la zona agroecológica Fj.	53
Tabla 15. Producción media (Kg/ha) de frijol voluble (Variedad Cabreano) en función del tipo de fertilización en la zona agroecológica Fj.	55
Tabla 16. Producción media (Kg/ha) de maíz en función del tipo de fertilización en diferentes zonas agroecológicas.	56

PRESENTACIÓN

La agricultura colombiana en general, y particularmente la sometida a mayor presión por parte del agricultor, no ha sido ajena al deterioro que en el ámbito mundial registra desde hace más de una década y que se caracteriza por una disminución en su productividad, alta dependencia en el uso de insumos externos, aumento de los costos de producción, menor ingreso para los productores, pérdida de la competitividad, caída del empleo y disminución del nivel de vida de la familia rural colombiana.

La necesidad de recuperar algunas de las condiciones perdidas del recurso natural, devolviéndole su sostenibilidad y mejorando la eficiencia y el ingreso del agricultor, ha sido un propósito para Corpoica. Para este fin, viene adelantando, con éxito, en el Centro de Investigación "El Arsenal" y en su área de influencia en los Andes Nororientales de Colombia, desde 1994, estudios tendientes a formar productores menos dependientes en el uso de fertilizantes de síntesis química, mediante el reciclaje y degradación de recursos orgánicos de origen animal y vegetal para la obtención de abonos, así como también, con el uso de otros biofertilizantes obtenidos de rhizobium y micorrizas y producción de fermentados aerobios y anaerobios mediante la utilización de tecnologías que sean reproducibles con facilidad por los agricultores.

Gracias al apoyo recibido de PRONATTA, al esfuerzo de los investigadores de Corpoica en la Regional Siete y al entusiasmo de algunos agricultores fue posible la realización de las experiencias que se presentan en esta publicación que hoy, con orgullo, se pone a disposición de todos los interesados en la implementación de una agricultura acorde con las necesidades del siglo XXI.

PRODUCCIÓN, USO Y MANEJO DE BIOESTIMULANTES, ABONOS ORGÁNICOS, ACONDICIONADORES, Y BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE FUENTES NO CONVENCIONALES

¹Luz Alba Luna Geller

1. INTRODUCCIÓN

La expresión de la potencialidad productiva de una planta, es el resultado de sus características genéticas y de las condiciones ofrecidas por el suelo en concordancia con sus requerimientos; para ello usualmente el productor recurre al acondicionamiento físico - químico del suelo mediante el uso de prácticas que puedan terminar siendo lesivas para la vida del suelo, del medio ambiente y, en ocasiones, para la propia planta, desconociendo las bondades del acondicionamiento biológico y en particular microbiológico del suelo, las cuales han sido comprobadas en estudios realizados por algunas instituciones como EMATER, organismo agrícola brasileño, (Mejía 1995) que evaluó durante más de cinco años en más de 20 cultivos diferentes, y en Colombia, FUNDASES, (Mejía 1995) Corpoica (2000) e investigadores como Mejía (1996) y Mejía (1995) entre otros.

Estos estudios se fundamentan en la multiplicación, generalmente en medios acuosos llamados "caldos microbiales" o en medios sólidos: compost, lombricompost, turba y suelo entre otros, de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) aeróbicos o anaeróbicos eficientes, que cumplen diferentes acciones, ya sean como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, potencializadores de diferentes nutrientes y descomponedores de materia orgánica, los cuales al ser incorporados al suelo como bioestimulantes o biofertilizantes, además de incrementar la población microbiana del suelo y acelerar los procesos biológicos, mejoran la disponibilidad de nutrientes asimilables por las plantas.

Estas alternativas, completamente naturales, viables desde el punto de vista económico y fáciles de usar, parten del reciclaje de estiércoles de animales o, de materiales vegetales verdes, secos o en proceso de descomposición que se desperdician o no son utilizados en forma adecuada de-

¹Investigadora Adjunta, C. I. El Arsenal - Corpoica, Regional Siete.

bido, entre otras causas, al desconocimiento de técnicas eficientes para su procesamiento, evaluación y posterior devolución al suelo bajo la forma de acondicionadores biológicos, bioestimulantes o abonos, para la disminución o sustitución en el uso de fertilizantes de síntesis. Esto se convierte en una de las bases de las denominadas "tecnologías limpias" que contribuyen a la creación de una agricultura sostenible, en la cual ha venido trabajando Corpoica a través de los Planes de Investigación y Transferencia de Tecnología en sus propios Centros de Investigación como "El Arsenal" y "Salamaga" en la Regional Siete, en las fincas de los agricultores y en algunos centros particulares como la Fundación Granja "El Puente" en Lebrija (Santander), cuyas experiencias sobre la preparación, uso y resultados se presentan en este documento.

2. PRODUCCIÓN, USO Y MANEJO DE BIOESTIMULANTES (BIOPREPARADOS MICROBIANOS)

2.1 CALDO MICROBIAL AERÓBICO

Es un biopreparado obtenido a partir de la fermentación aeróbica de estiércol fresco de equino en un medio acuoso que además de agua natural no clorada y preferiblemente de manantial, contiene leche cruda y melaza. Para su preparación se recomienda utilizar una caneca plástica cuya capacidad debe permitir el manejo de las cantidades deseadas, y que para el caso del ejemplo, debe ser de 250 litros; Ramírez (citado por Mejía, 1995) sugiere que su color no debe ser amarillo ni rojo ya que estos colores contienen cromo, sustancia tóxica para los microorganismos; se recomienda colocar la caneca cerca del lugar donde se va a utilizar, protegida de la lluvia y de la acción directa de los rayos solares, preferiblemente bajo árboles frondosos. Como ingredientes se utiliza una parte* de estiércol fresco de equino (50 Kg) por cada tres partes de agua natural (150 Kg) más un litro de leche y un kg de melaza o miel de purga como fuente de energía, la cual puede ser reemplazada por panela, harina de maíz, de arroz o de yuca; los materiales se mezclan en forma progresiva con la ayuda de una pala de madera y diariamente se agita mínimo durante cinco minutos para facilitar la oxigenación.

Este biopreparado se puede utilizar después de 15 días de haber iniciado el proceso de fermentación, operación que se puede repetir cada 15 días, hasta por seis meses, tiempo durante el cual se conserva la actividad y la población microbiana, siempre y cuando se realimente, reponiendo la cantidad de caldo extraído, mediante la adición del mismo volumen de agua, más un litro de leche y un kg de melaza de la misma forma como se hizo la primera vez, agitando a diario para mantener la oxigenación requerida; pasados seis meses se renueva totalmente el caldo microbial.

*Si se considera que el peso de los residuos orgánicos, tiene grandes variaciones debido a su procedencia y contenido de humedad, las cantidades de residuos orgánicos que se van a utilizar, se expresan con base en volumen; si se toma un balde como ejemplo de unidad de volumen, una parte corresponderá a la totalidad de su contenido, sea sólido o líquido.



Producción de caldo
microbial aeróbico

Para evitar la presencia de microorganismos patógenos en concentraciones que superen los niveles tolerables, aparte del manejo adecuado que se debe proporcionar al caldo durante su elaboración y tiempo de uso, el estiércol que se va a utilizar se debe recolectar en forma rápida y adecuada después de su deyección para evitar su contaminación con microorganismos indeseables y además debe proceder de animales sanos, en buenas condiciones físicas, que reciban alimentación adecuada, libre de antibióticos.

Cuando se sospeche o se confirme la presencia de microorganismos patógenos, los caldos se pueden aplicar a pilas de compost solarizadas, ya que en éstas, durante la etapa termófila, las temperaturas alcanzadas (70° C), reducen o eliminan dichas poblaciones.

2.2. CALDO MICROBIAL ANAERÓBICO

Teniendo en cuenta las mismas observaciones hechas para la elaboración del caldo aeróbico, en cuanto a ubicación, condiciones del sitio y características de la caneca en cuanto a capacidad y color; en este caso los ingredientes que se van a emplear en la mezcla son una parte de estiércol fresco de bovino (50 Kg) por cada tres partes de agua natural (150 Kg), mezcla que se enriquece con un litro de leche cruda y un kilogramo de melaza.

Una vez homogeneizada la mezcla, se procede a tapar y sellar la caneca en forma hermética, de tal manera que conduzca a una fermentación de tipo anaeróbico, condición que permite la formación y acumulación de gases, CO_2 y metano principalmente, en la parte superior de la caneca, para lo cual, mínimo los últimos 15 o 20 cm deben quedar libres para ser utilizados como "cámara de vacío"; para facilitar la salida de dichos gases, se utiliza una manguera de 3/8 de pulgada de diámetro y aproximadamente 1.5 metros de longitud; uno de cuyos extremos a través de la tapa de la caneca se introduce en la cámara de vacío; estrictamente debe quedar en ese lugar, ya que si hace contacto con la mezcla no cumple su papel. La perforación de la tapa debe permitir sólo la entrada de la manguera y no del aire, ya que las condiciones son de anaerobiosis; el otro extremo de la manguera se coloca dentro de una botella transparente que contenga agua, que debe quedar inmersa en el agua para que actúe como válvula de escape ("trampa") al gas que se produce en el interior de la caneca.



Transcurridos 30 días, se destapa la caneca y mediante filtrado se extrae el contenido líquido para ser utilizado como bioestimulante, el substrato sólido que queda se puede utilizar como acolchado. El proceso debe reiniciarse, siguiendo los mismo pasos.

2.5. EXTRACTO DE MANTILLO

Es un biopreparado que consiste en la multiplicación aeróbica en medio acuoso de algunos hongos (*Trichoderma* sp) y actinomicetos que contiene el mantillo o capote de bosque. Su preparación se realiza en una caneca plástica con características similares a las exigidas para la elaboración de caldos microbiales, con capacidad para 150 litros la cual se recomienda colocar en un lugar donde se proteja de los rayos del sol y de la lluvia.



Para su preparación se mezclan en la caneca 10 kg de mantillo desmenuzado con 100 litros de agua natural más 500 gramos de harina o salvado o mogolla de trigo o maíz, o si se prefiere, se pueden utilizar 120 gramos de levadura para pan; la mezcla se oxigena cada tres días revolviendo mínimo durante cinco minutos, con la ayuda de una pala de madera. El proceso de fermentación dura aproximadamente 45 días y finaliza cuando no se observe formación de burbujas; el producto queda listo para ser filtrado y usado como biofertilizante; el remanente sólido se puede utilizar como acolchado y si se desea, el proceso se puede repetir.

2.4. USO DE LOS CALDOS MICROBIALES

Los caldos microbiales cuando son aplicados al suelo, cerca de la parte radical de los cultivos o cuando se adicionan a pilas de descomposición y transformación de residuos orgánicos en abonos, contribuyen al aumento de la actividad microbial y a acelerar los procesos biológicos que permiten mejorar la disponibilidad de algunos nutrientes asimilables por las plantas y como consecuencia, mejoran la fertilidad del suelo y la productividad de los sistemas de producción.

Si el suelo presenta deficiencias de cobre, zinc o magnesio se puede adicionar a los caldos microbiales estos productos en forma de sulfatos; por ejem-

plo si utiliza como unidad de volumen un litro puede utilizar 2.5 gramos del elemento faltante preferiblemente bajo la forma de sulfato, por cada litro de caldo.

En general, cuando el caldo microbial se aplica en forma edáfica, se recomienda utilizar una dilución 1: 10 (un volumen de caldo microbial en diez volúmenes de agua), los pastos Kikuyo y Brachiaria, resisten concentraciones más altas hasta 1: 3. En cultivos semestrales se sugiere hacer la primera aplicación, 15 días después de la siembra y repetirla a los 15 días y una última aplicación en etapa de prefloración; en pastos después del pastoreo o corte, repitiendo a los 15 días y luego hacerlo cada mes; en plantaciones frutícolas o maderables se sugiere una vez por mes; en vivero se puede aplicar directamente al suelo contenido en la bolsa en el momento de la siembra y repetir la aplicación cada 15 días.

Los caldos microbiales aerobios cuando son aplicados en forma foliar y en concentraciones bajas (1:10 a 1:20) estimulan el crecimiento, mientras que concentraciones altas (1:1 a 1:3) pueden actuar como biofungicidas, pero en algunos cultivos como frijol, arveja, papa, trigo, maíz, entre otros, pueden ocasionar malformaciones de hojas y tallos. Tampoco es recomendable aplicarlos en hortalizas que se consumen en estado fresco, por prevención sanitaria del consumidor.

Los caldos microbiales acentúan los problemas de estrés por sequía, por tanto se recomienda usarlos en época de lluvias o después de un riego y en horas de la tarde cuando no haya presencia de rayos solares. Con el ánimo de mantener diversidad de microorganismos en el substrato (suelo, tierra en materas, bolsas o eras) se sugiere rotar las aplicaciones de caldos aerobios y anaerobios. Si se usan para contribuir con el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, se sugiere utilizar una solución donde se mezclen tres partes de agua y una de caldos microbiales, esta última puede ser una mezcla de caldos aerobios y anaerobios, en iguales proporciones.

3. PRODUCCIÓN, USO Y MANEJO DE ABONOS ORGÁNICOS SÓLIDOS Y ACONDICIONADORES FÍSICOS

3.1. COMPOSTAJE SOLARIZADO

Es un proceso mediante el cual se someten a descomposición biológica, mezclas compostables de residuos orgánicos, mediante un control adecuado de temperatura, aireación, olores indeseables y pérdida de nutrientes, para lo cual se debe cubrir la pila con un plástico de color negro.

La rapidez en la descomposición de los materiales orgánicos depende básicamente de la temperatura alcanzada en la pila de compost, para lo cual es determinante el tipo de estiércol que se va a utilizar; algunos como el estiér-



Diversidad de material orgánico y mineral que puede ser utilizado para la producción de un abono orgánico de buena calidad.

col de aves de corral, cabra y ovejas tienen alto contenido de nitrógeno y garantizan que al iniciar el proceso de descomposición la pila eleve su temperatura a más de 70°C, son los llamados estiércoles calientes; otros como los de vaca y cerdo tienen menor proporción de nitrógeno los cuales contribuyen a regular la temperatura en la pila evitando que pase de 70°C. Por lo tanto, se sugiere que la mezcla esté compuesta de:

- **Estiércoles calientes:** diez partes.
Estiércoles fríos: ocho partes.

Los estiércoles deben ser de animales que durante los últimos 10 días no hayan sido tratados con antibióticos; cuando se use el de gallinas o pollos de criaderos industriales, se deja durante 10 días en montón protegido del agua lluvia y de los rayos solares, antes de mezclarlo con las otras materias orgánicas para evitar riesgos por posibles residuos de antibióticos que puedan afectar a los microorganismos encargados del proceso de transformación.

- **Material vegetal verde o seco:** nueve partes de desechos de maíz, frijol, arveja, hortalizas, pasto de cortes o de pradera, rastrojos, ramas de árboles u hojarascas entre otros, procedentes de cultivos que no hayan sido tratados con agroquímicos. Antes de incorporar estos residuos a la mezcla deben ser picados o triturados (tamaños de 1 a 5 cm) para facilitar el ataque microbiano, la difusión del calor

en forma uniforme en toda la pila y acelerar el proceso de descomposición.

- **Tamos:** dos partes de tamo de trigo o cebada, cascarilla de arroz, soca de arroz, bagazo, aserrín y virutas de maderas blancas, pulpa de café predescompuesta (se conoce por su color negro) o pedazos de tallos, los cuales facilitan el paso del aire al centro de la pila y la proliferación de bacterias aerobias que contribuyen a la producción de calor en la pila.
- **Abonos minerales naturales no tratados químicamente:** una parte de calizas trituradas, calizas fosfatadas o cal dolomítica: que además de incrementar el contenido de calcio del abono orgánico, permiten mantener la acidez en niveles aceptables (6.5 – 7.5); también hacen parte de este grupo, las cenizas de leña que contribuyen a satisfacer las necesidades en potasio, calcio y silicio; las escorias de fosforación o roca fosfórica al igual que las calizas fosfatadas aportan moderadas cantidades de fósforo y calcio.

Con la mezcla de los substratos orgánicos en las proporciones sugeridas de diez partes de estiércol caliente, ocho partes de estiércol frío, nueve de material vegetal verde o seco, dos de tamo y uno de minerales naturales no tratados se va formando sobre la tierra una pila haciendo capas de 25 cm de espesor hasta alcanzar 1.0 m. de altura y 1.5 m. X 1.5 m. de base; cada capa es hume-

decida con una solución de caldos microbiales, para lo cual se mezclan tres partes de agua más una parte de caldos microbiales; esta parte puede corresponder a una mezcla en iguales proporciones de los caldos aeróbicos y anaeróbicos.



Material orgánico y mineral mezclados en forma homogénea en capas de 20 cm hasta formar una pila.



Inoculación por capas con caldo microbioal para acelerar la descomposición de los residuos orgánicos.

La humedad es un factor que se debe controlar y mantener permanentemente alrededor de 60 y 70%, para evitar excesos que conduzcan a la pérdida de nutrientes por lavado y reduzcan la actividad de las poblaciones de microorganismos aerobios. La humedad de la pila se controla mediante la "prueba de puño" que consiste en tomar un puñado de la mezcla de los residuos y comprimirla con la mano y observar: si escurre agua gota a gota por entre los dedos, la pila tiene la humedad adecuada (60 - 70 %); cuando hay exceso, brota gran cantidad de agua y será necesario reducirla para que la pila reciba aire, pero no los rayos directos del sol; cuando no sale agua por entre los dedos y la mezcla se desmorona al abrir la mano, el substrato está muy seco hay que rehumedecerlo.

Una vez elaborada la pila y cuando esta tenga la humedad adecuada se procede a cubrirla con plástico negro para evitar que los rayos solares afecten a los microorganismos inoculados por medio de los biopreparados y la deshidratación o sobrehidratación por agua lluvia y lavado de nutrientes.



Semanalmente se debe voltear, para airearla, evitar excesos de temperatura (superiores a 70° C) y acelerar el proceso de descomposición, asegurándose que los materiales que están sobre la superficie de la pila queden hacia adentro.

La duración del proceso de descomposición de la materia orgánica y la producción de abono, ocurre entre 60 y 90 días, dependiendo de la temperatura que se obtenga: 45° en los primeros dos a seis días (etapa mesófila), para

subir hasta 70° como temperatura máxima (etapa termófila) y descender luego, en forma gradual, hasta la temperatura ambiente. No se debe permitir que durante la etapa termófila la temperatura supere los 70° C, pues empobrece la condición química y biológica de la materia orgánica.

Cuando la temperatura de la pila desciende y aparecen "cochinillas" o lombrices y se observa una pasta de color café oscuro, con un agradable olor a tierra mojada, se considera que el proceso de descomposición y transformación ha terminado, y se dispone de **ABONO ORGÁNICO** de buena calidad, el cual se debe extender en capas delgadas, a la sombra y protegido del agua lluvia, durante 2 o 3 días con el fin de bajar la humedad (35-40%).

Finalmente, el abono obtenido se pasa por una zaranda o tamiz para mejorar la granulometría y facilitar la aplicación uniforme al suelo.

Durante el proceso de transformación de los residuos orgánicos en abono y dependiendo de su origen y condición se pierde en promedio una tercera parte del volumen inicial según resultados obtenidos por Corpoica en su Centro de Investigación El Arsenal (Enciso).

El abono orgánico es más eficiente entre más pronto se incorpore al suelo, así se evitan pérdidas de Nitrógeno por volatilización, o de Potasio por lixiviación, entre otros.

3.2. COMPOSTAJE BAJO TECHO

Como su nombre lo indica el proceso oxidativo de los substratos se realiza bajo techo y para su producción se recurre al uso de los mismos materiales utilizados en el compostaje solarizado; la descomposición biológica de estos residuos puede efectuarse en condiciones naturales, es decir sin recurrir a la práctica de la inoculación con microorganismos o en condiciones de inoculación a la pila con la aplicación de la dilución de caldos microbiales.

Al igual que en el compostaje solarizado, las condiciones de humedad, aireación y temperatura también se deben controlar, lo cual se logra mediante un tamaño adecuado de la pila (80 cm a 1 m de altura); el humedecimiento con agua natural (libre de cloro y residuos tóxicos) cuando sea necesario para mantener una humedad del 60 al 70% ("prueba de puño") y con la práctica de los volteos, realizados entre 7 y 14 días, según se maneje al aire libre o bajo techo respectivamente, en cuyo caso el proceso de descomposición y transformación de los substratos dura de 90 a 150 días y de 60 a 90 días en su orden, según las condiciones medioambientales.

Una vez finalizado el proceso, se extiende la pila para bajar la humedad (35 - 40%) y luego se procede a tamizarla para toma de muestra para análisis químico y microbiológico, almacenamiento y utilización.



Compost bajo techo

3.3. LOMBRICOMPOSTAJE EN MÓDULOS INTEGRADOS BAJO TECHO

La transformación de los residuos orgánicos sólidos aprovechando la capacidad que tiene la lombriz de tierra de ingerir y convertirlos en lombricompostajes (excretas) de buena calidad, debe partir de la selección de una buena semilla de lombriz y del manejo adecuado de los residuos orgánicos (animales y vegetales) que se van a usar como alimento para las lombrices.

El manejo de la explotación se puede hacer de diferentes formas, desde montones de materia orgánica en eras, cajones, fosos, hasta cajas con fondo perforado a las que se les adiciona la lombriz. Cada método tiene ventajas y desventajas, pero en este documento, se describe la producción de lombricompostaje en módu-

los bajo techo dadas a conocer por la Regional Nueve de Corpoica (1995) y adecuadas e implementadas por la Regional Siete de Corpoica en sus dos Centros de Investigación El Arsenal (Enciso) y Salamaga en Rionegro y adoptadas en varias fincas del nororiente colombiano.

La preparación del sustrato utilizado para la alimentación de las lombrices ubicadas en los módulos se realiza mediante una predescomposición al aire libre de los materiales orgánicos utilizados (estiércoles y residuos vegetales), para lo cual se instalan tres compartimentos delimitados con guadua, madera, piedra o ladrillo.



Fosos construidos con materiales propios de la finca para la predescomposición al aire libre con residuos orgánicos de origen vegetal y animal. Bajo techo se observa el aprisco y los módulos de lombricompostaje.

En el primero se mezclan residuos vegetales y estiércoles de animales para ser sometidos a un proceso de descomposición durante 15 días y luego ser trasladados al segundo compartimento; la operación se repite a los 15 días pasando el material del segundo al tercer compartimento, del cual se inicia a tomar el sustrato para alimentar la lombriz 15 días después, con una duración total del proceso de 45 días. Al igual que en los sistemas de habitación antes descritos, en este también se controla la humedad (60–70%); en períodos de alta precipitación los montones se deben proteger del exceso de humedad, puesto que al ofrecer sustratos a la lombriz, con humedad superior al 80%, la cama del módulo se compacta y dificulta la aireación y la lombriz disminuye su rendimiento.

En cada finca, dependiendo de la disponibilidad de residuos orgánicos, se instalan de 1 a 3 módulos de producción de lombricompostaje de 3 m de largo x 1 m de ancho y de 0.70 a 0.80 m. de altura. Cuando se instalan tres módulos, se construyen dos de 3.0 m x 1.0 m x 0.80 m y uno con 2.0 m x 1.0 m x 0.80 m; la construcción de las paredes se hace con materiales disponibles en la finca como guadua, orillos de madera o esterilla, pero se sugiere con ladrillo por su mayor duración y el piso con suelo-cemento.



Módulos prácticos utilizados para la producción de lombricompostaje en campo.



La lombriz más adecuada para el lombricompostaje es la roja californiana (*Eisenia foetida*) por su mejor adaptación y rendimiento; se utilizan 20 kilogramos de semilla de lombriz de buena calidad (175 gramos de lombriz por kilogramo de lombriz-substrato) con su correspondiente sustrato, por cada metro de piso de módulo; así por un módulo de 3 m x 1 m de piso, se requiere 60 kilogramos de lombriz-substrato (Corpoica, 1995), así se garantiza la transformación del sustrato en lombricompostaje.

Transcurridos dos o tres días de la siembra de la lombriz, se inicia la alimentación mediante el suministro del sustrato predescompuesto de acuerdo con la cantidad de lombriz sembrada empleando, por metro cuadrado, 20 kilogramos de sustrato con humedad del 60 al 70%. El proceso se continúa haciendo cada 3 a 7 días dependiendo de la población de lombrices y de lo fino y descompuesto que esté el sustrato, del consumo y conversión en abono, hasta llenar la capacidad del módulo, proceso que dura entre 80 y 90 días, logrando hasta cuatro cosechas al año.

Los módulos son cubiertos con polisombra la cual además, de regular la humedad y proporcionar condiciones de penumbra que favorecen a la lombriz, ya que es sensible a los rayos ultravioleta, la protegen del acceso de ratones, serpientes, pájaros y aves de corral.

Para la cosecha de la lombriz y del compostaje, antes de llenarse completamente el módulo, es decir faltando 5 a 10 cm y cuando se observe desmenuzada la capa superior del sustrato, se suspende por 4 o 6 días el suministro de alimento y se coloca sobre la superficie una trampa de malla plástica con orificios de tamaño suficiente para permitir el paso de la lombriz y sobre ella se coloca nuevamente alimento.

Después de 3 ó 4 días se retira la malla con el sustrato-lombriz y se procede a sacar el lombricompostaje hasta dejar vacío el módulo, quedando listo para reiniciar el proceso utilizando como semilla el material extraído con la malla.

3.4. USO DE ABONOS ORGÁNICOS SÓLIDOS

La cantidad óptima de abono orgánico que se va a aplicar varía con las condiciones del suelo, clima, cultivo, rotaciones, manejo del cultivo, tipo de abono y calidad química y microbiológica.

En términos generales se ha observado que aplicaciones en dosis ba-

jas (menos de dos t/ha) y frecuentes (semestralmente) reportan en general mejores respuestas del suelo y de los cultivos que aquellas hechas con dosis altas (más de 5 toneladas) y a intervalos más espaciados (un año o más).

Investigadores como Kielh et al, citados por Gómez (2000), sugiere que la dosis de abono orgánico puede calcularse en primera aproximación sobre el equivalente de lo que correspondería a un fertilizante completo soluble de síntesis y corregido por velocidad de liberación, para lo cual sugiere utilizarlo entre 10 y 40 veces más con relación al de síntesis, según se realicen abonados semestrales o uno anual, respectivamente.

Por ejemplo, si se trata de reemplazar una dosis de 300 Kg/ha de un fertilizante de síntesis por un abono orgánico, se requiere de 3.000 a 12.000 Kg/ha.

4. PRODUCCIÓN, USO Y MANEJO DE ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS

Gómez (2000) sugiere darle valor agregado a los compost y lombricompost, mediante fraccionamiento o separación por medios físicos y químicos de los componentes de estos abonos para obtener nuevos productos: los hidrosolubles, ácidos solubles y sustancias húmicas, que tienen funciones diferentes a los del producto de origen.

4.1. EL HIDROSOLUBLE

El hidrosoluble compuesto por azúcares, aminoácidos, purines y minerales en donde predomina el potasio, se obtiene a partir de la mezcla de una unidad de peso del abono orgánico con diez unidades volumétricas de agua corriente, formando un lodo el cual se agita diariamente durante una semana. Luego se procede a separar el hidrosoluble del remanente sólido mediante filtrado a través de un cedazo; el líquido así obtenido puede ser aplicado al suelo o al follaje de las plantas; para la aplicación foliar se recomienda empezar con una dilución de 1:20, y de acuerdo con la resistencia del follaje a este tipo de aplicaciones, aumentar la concentración. La parte sólida obtenida, se reserva para el siguiente paso.

4.2. ÁCIDOS SOLUBLES

Para la obtención de los ácidos solubles: calcio, potasio, manganeso, fósforo, magnesio y trazas de otros elementos, se procede a mezclar un volumen del remanente sólido de la extracción del hidrosoluble con diez volúmenes de solución ácida 0.1 M de ácidos sulfúrico, nítrico o clorhídrico. Corpoica en el Centro de Investigación El Arsenal usa como solución ácida 192 gramos de ácido cítrico en 10 litros de agua o, de 0.77 a 1.52 litros de zumo de limón los cuales se obtienen de 3.2 a 4.1 kg de fruta fresca; a esta cantidad se adiciona agua hasta completar 10 litros; se agita por 10 o 15 minutos diarios durante tres o cuatro días. Se pasa a través de un filtro y el líquido obtenido es el producto ácido soluble, el cual Gómez (2000) sugiere utilizarlo como fertilizante foliar en período de prefloración; inicialmente en aplicaciones con dilución 1:20 y luego concentrarlas de acuerdo con el cultivo; el remanente sólido se reserva para el siguiente paso.

4.3. SUSTANCIAS HÚMICAS

Las sustancias húmicas: ácidos húmicos y fúlvicos. Se obtienen mediante soluciones alcalinas, mezclando el remanente del proceso de extracción de los ácidos solubles (paso anterior), para lo cual Gómez (2000) recomienda mezclar un volumen del remanente con diez volúmenes de una solución NaOH o KOH 0.5 M. En su defecto estos hidróxidos de sodio y potasio pueden reemplazarse por una solución preparada con 500 gramos de urea por litro de agua. *Corpoica* en su Centro de Investigación El Arsenal utiliza 200 gramos de soda cáustica por cada 10 litros de agua, el cual una vez adicionado el remanente sólido del ácido soluble se agita diariamente por tres o cuatro días y por filtrado se separan las partes cinco o seis días después.

Para aplicación edáfica, por ejemplo, en agua de riego se puede utilizar en dosis de 5 a 20 l/ha. Para aplicaciones foliares se hacen diluciones 1:50 hasta 1:200, por cuanto puede presentar manifestaciones indeseables (flores deformes, abortos, etc.), si se llega a usar en concentraciones altas.

5. MULTIPLICACIÓN DE HONGOS ENDOMICORRÍDICOS (VA) PARA LA PRODUCCIÓN DE INOCULANTES

La multiplicación de hongos que forman micorrizas vesículo arbusculares, con fines de producción de biofertilizantes, se hace a partir de inóculos que contengan hongos puros, procedentes de laboratorios o casas comerciales de reconocida idoneidad como productoras de este insumo microbiológico, o de hongos nativos que hayan demostrado efecto benéfico en suelos y plantas, para ello se toman de la rizosfera (suelo adherido a las raicillas) de plantas hospederas, que se encuentran vigorosas, sanas y libres de nemátodos u otros patógenos y que no hayan sido fertilizadas con químicos, ni recibido aplicaciones de fungicidas.

5.1. MUESTREO PARA LA SELECCIÓN DE HONGOS NATIVOS

Se hace por zonas de vida y en lo posible por zonas agroecológicas y fincas identificando las especies vegetales seleccionadas propias de cada sitio evaluado.

Se sugiere muestras de 300 gramos tomados de la rizosfera de cada material vegetal estudiado, de los cuales se envían 100 al laboratorio para su análisis correspondiente y los 200 restantes se conservan en bolsa plástica

protegida del sol y agua o preferiblemente en refrigeración, como posible material de propagación para ser utilizado dependiendo del resultado microbiológico obtenido. Se seleccionan como inóculos muestras de suelo micorrícico (suelo y raicillas) que presenten más de 1500 esporas viables del hongo / cada 100 gramos de suelo seco y colonización en fragmentos radiculares superior al 40%.

Se sugiere hacer una evaluación previa de la eficiencia de los hongos micorrícicos preseleccionados, en los cultivos donde se va a realizar la aplicación, ya que su eficiencia puede variar.

5.2. CONSTRUCCIÓN Y MANEJO DE BANCOS DE MICORRIZAS PARA MULTIPLICACIÓN DE INÓCULO ENDOMICORRIZAL Y PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE.

La multiplicación del inóculo se puede efectuar en eras, materas o preferiblemente en cajones contruidos para tal fin. Se sugiere seguir las técnicas apropiadas de cuidado, mantenimiento y producción sugeridas por Mantilla, citado por Mejía (1995), y adecuadas por Luna (1999) que consisten en la construcción de bancos de micorrizas bajo techo transparente, preferible de vidrio, para permitir la entrada de sol y poder regular el agua de riego. Se construyen cajones de ladrillo y cemento con dimensiones de 1 m de ancho x 1 m de largo y 0.25 m de altura con orificios en la parte inferior para permitir el escurrimiento del agua de riego; un cajón construido con estas dimensiones permite producir 200 Kg de inóculo; y su tamaño puede ser ampliado dependiendo de la disponibilidad del inóculo que se tenga para la multiplicación.

Para la multiplicación del hongo, se debe seleccionar un suelo libre de nemátodos u otros patógenos y que tenga bajo contenido de fósforo (menos de 20 mg/100 g de suelo seco); el suelo se debe mullir bien y adicionarle 25% de compost o lombricompost; para el cajón construido con las dimensiones dadas en el ejemplo, se utiliza 150 Kg de suelo más 50 Kg de abono orgánico. La mezcla se desinfecta con agua a 100 °C y luego se cubre el cajón con un plástico negro durante tres días.

Por cada metro cuadrado de cajón se abren 20 huecos distribuidos en forma uniforme aproximadamente de 5 cm de profundidad y de 2 a 3 cm de ancho; a cada hueco se aplica una cucharadita (10 gramos) del inóculo M.V.A y sobre él se siembran semillas de plantas hospederas micotróficas, es decir plantas que produzcan numerosas raíces con alta capacidad para ser colonizadas por el hongo y que a la poda se recupere con facilidad. Con el fin de evitar la contaminación por plagas, el hospedero utilizado para la multiplicación del hongo debe ser diferente del cultivo en el cual se va a utilizar el inóculo; si es una gramínea, se sugiere utilizar de 5 a 10 semillas por sitio de kudzú; si es una leguminosa el hospedero puede ser pasto brachiaria o kikuyo

y realizar riegos para mantener el suelo húmedo durante las etapas de germinación y establecimiento de las plantas y continuar con riegos mínimos.

Se deja que la planta hospedera se desarrolle por un período de 3 a 4 meses, al cabo de los cuales se somete a un período de estrés por sequía (2 a 3 semanas) para inducir la esporulación del hongo.



**Manera práctica de
Multiplicación de
micorrizas en campo.**



Al azar, se seleccionan tres plantas por cajón y de ellas se toman submuestras (suelo y raicillas), se secan a la sombra hasta obtener humedad del 5%, una vez seca se envía la muestra al laboratorio con el fin de cuantificar la población de esporas y el porcentaje de colonización; las muestras que cumplan los requisitos (más de 1500 esporas y colonización superior al 40%) pueden ser utilizadas como inóculo.

Para su aprovechamiento se procede a cortar, a ras de suelo, la parte aérea de las plantas que quedan en los cajones, se toma el suelo con las raicillas y se cortan en pequeños fragmentos y, se homogeneiza suelo-raicillas; si el suelo está húmedo se seca a la sombra hasta obtener una humedad entre 10 y 15%, este suelo micorrizado se tamiza utilizando una malla de 0,5 cm y se empaca en bolsas plásticas previamente identificadas para ser utilizadas en el campo como biofertilizante.

El inoculante obtenido puede ser conservado bajo refrigeración o cuarto frío hasta por seis meses.

Las muestras que no fueron seleccionadas por no cumplir con los requisitos, pueden continuar en el banco por tres o cuatro meses más, dándoles el mismo manejo de riego antes descrito; si en una segunda evaluación no cumplen con los requisitos se descartan definitivamente.

5.3. UTILIZACIÓN DEL INÓCULO PRODUCIDO

La inoculación con hongos micorrizógenos, vesículo arbusculares a un suelo agrícola o forestal, a modo de biofertilizante, se justifica si el suelo tiene bajo contenido de fósforo y en ausencia o poca eficiencia de hongos micorrizógenos nativos.

Cuando se inocula el suelo, se debe hacer un manejo cultural adecuado a cada cultivo y a cada condición del suelo. En plántulas en vivero se sugiere aplicar de 10 a 20 gramos de suelo micorrizado por bolsa en el momento de la siembra o del trasplante.

En árboles frutales o maderables se recomienda aplicar cerca de las raicillas o en la gotera del árbol de 30 a 200 gramos, dependiendo del tamaño del árbol y en cultivos semestrales de 300 a 400 kilogramos de suelo micorrizado por hectárea, aplicado en el momento de la siembra; también se puede aplicar en el momento de la siembra en mezcla con el abono orgánico.

El proceso de inoculación se sugiere repetirlo a través del tiempo, por lo menos una vez al año y preferiblemente en presencia de contenidos adecuados de materia orgánica.

6. CALIDAD DE LOS BIOPREPARADOS

Un objetivo importante que se debe tener en cuenta en la producción de abonos orgánicos, bioestimulantes y biofertilizantes es la calidad del producto, evaluada con base en la composición química y microbiana (clase de microorganismos y densidad de población), las cuales varían según el origen de los residuos (urbanos, agroindustriales, agropecuarios, lodos de aguas residuales, entre otros), de la diversidad de los residuos (animales, vegetales o minerales) utilizados y de las técnicas de procesamiento empleadas (compostaje, lombricompostaje y caldos microbiales) y de las condiciones de manejo suministradas durante su procesamiento (aireación, humedad y temperatura, entre otros). La diversidad microbial que estos factores ocasionan, incluida la presencia de patógenos, hace indispensable su identificación y cuantificación para una utilización correcta, pero que infortunadamente en las condiciones colombianas actuales tropiezan con serias dificultades para hacerlo, por las limitaciones que tienen los laboratorios existentes para la realización completa de estos análisis, que permitan al técnico tomar las decisiones convenientes.

Algunos resultados obtenidos, en el Centro de Investigación "El Arsenal" en el control de calidad tanto químico como microbiológico en los biopreparados elaborados, se describen a continuación para cada uno de ellos.

6.1. CALDOS MICROBIALES

Los caldos microbiales antes que nutrientes ofrecen una amplia diversidad de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) los cuales cumplen en el suelo un papel importante como recicladores de nutrientes, o como reguladores de crecimiento vegetal (sintetizados a partir de compuestos como giberelinas, citoquininas y ácido indolacético), protectores de plantas ante los patógenos de la raíz, solubilizadores de fósforo, fijadores de nitrógeno entre otros, razones que hacen que se les considere como bioestimulantes de los procesos microbiales del suelo y no como biofertilizantes ya que los bajos contenidos de nutrientes que ofrecen los caldos difieren de los existentes en las materias primas en estado sólido natural, tal como lo señala el ejemplo en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido de nutrientes en estiércoles de equinos y bovinos en estado sólido natural y en caldos microbiales.

Contenidos Nutricionales	Estiércoles		Caldos Microbiales	
	Equino	Bovino	Aerobio (con estiércol de equino)	Anaerobio (con estiércol de bovino)
Ph	7.3	7.4	5.2	6.8
% de:				
N	1.3	2.0	0.1	0.1
P	0.3	1.0	0.9	1.0
K	2.1	2.4	1.2	0.3
Ca	1.2	4.5	0.6	0.6
Mg	0.5	0.9	0.1	0.1
Partes por millón:				
Mn	75	55	3	5
Zn	31	256	2	2
Cu	7681	130	14	10
Fe	698	137	483	217
B	1152	32	*	*

* No se analizó por ser sustancias muy coloreadas.
Laboratorio de Química de Suelos. Corpoica Tibaitatá 1999.

La identificación y el recuento microbiológico realizado a muestras representativas de cada uno de los caldos producidos, indican que la flora microbiana presente en ellos es muy variada.

Por lo general el recuento de la población microbiana (UFC/cc) fue superior en el caldo microbiano anaeróbico con base en estiércol bovino con 15×10^4 bacterias 27×10^4 hongos y 49×10^4 actinomicetos, 10×10^2 coliformes, 60×10^3 clostridios sulfotorreductores, 16×10^5 levaduras, 36×10^5 lactobacilos, menos de 10^3 Azotobacter y proteolíticos inversos, 10^3 UFC; se exceptúan los microorganismos aerobios mesófilos

que fueron superiores en el caldo aerobio con base en estiércol de equino con 34×10^5 y 36×10^6 versus 170×10^4 UFC/ml en el caldo anaerobio.

La población de aerobios mesófilos fueron los más abundantes (34×10^5 , 36×10^6 , 170×10^4 y 105×10^4); vale la pena resaltar la presencia de algunos microorganismos, como los proteolíticos los cuales se presentaron en los diferentes tipos de caldos producidos ya fuera como pobladores normales, o como invasores en el microbiano anaerobio; las levaduras Rhodotorula, microorganismos de interés ecológico por su capacidad oxidativa aisladas en el caldo aerobio

y anaerobio en proporción de 100% y 28.5% respectivamente; el *Citrobacter freundii* microorganismo patógeno, aislado en el caldo microbio anaerobio; los hongos *Aspergillus fumigatus* y *flavus* causantes de problemas en las vías respiratorias; *Rhizopus spp*, parásitos débiles en las plantas y *Cladosporium spp* que a pesar de ser fitopatógeno, es importante por su contribución en la elaboración de enzimas proteolíticas aisladas en el caldo aerobio; *Penicillium spp* de importancia ecológica para la producción de antibióticos que contribuyen a mantener en equilibrio las poblaciones en el suelo; las bacterias *Pseudomona pseudomalle* microorganismos de interés ecológico en el caldo anaerobio.

También fueron identificadas en los tres tipos de caldos, pero en poblaciones bajas ($<10^5$), bacterias aerobias del género *Azotobacter* que además de contribuir con la fijación del nitrógeno actúan como reguladores del crecimiento según Alexander (1980).

En el extracto de mantillo el recuento total de la población microbio fue de 10×10^7 UFC, en donde sobresalió la de los actinomicetos por ser dominante con 46×10^4 UFC; fue aislada una colonia del hongo *Trichoderma* en dilución 10^4 , considerada también de importancia ecológica por ser antagonista y regulador natural de fitopatógenos particularmente de *Rizoctonia solani*, *Fusarium oxisporum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia spp*, *Phytilum spp*, *Alternaria spp* y *Rosellinia sp*.

Aún cuando las poblaciones de coliformes fueron bajas ($<10 \times 10^3$) y no se aisló *Salmonella* en las muestras de caldo, hay presencia de Coliformes tipo *Escherichia coli* en el caldo anaeróbico, *Enterobacter* y *Klebsiella* en caldo anaeróbico y *Shigella* o *Proteus* en el caldo de mantillo, los cuales son imposibles de controlar en tales caldos, por lo que se sugiere manejarlos con la debida precaución y que no sean aplicados en hortalizas y demás especies que se consumen en estado crudo.

6.2. ABONOS ORGÁNICOS

Los análisis realizados a diferentes muestras de compostajes revelan contenidos de nitrógeno desde bajos (0.65%) hasta medios (1.69%) (Tabla 2). Los niveles considerados bajos oscilaron, entre 0.65 y 0.80%, según provengan de compostajes elaborados a partir de caprinaza más residuos de pasto, o de bovinaza con residuos de maíz y bagazo de caña en su orden, los cuales ejercerían a través del suelo un efecto muy pobre para llegar a favorecer un cultivo mediante su aplicación. Los contenidos medios de nitrógeno, oscilaron entre 1.20 y 1.69%, según corresponda a compost de bovinaza más residuos de maíz o de equinaza con cascarilla de arroz respectivamente.

Es interesante anotar el comportamiento del último compostaje mencionado, el cual redujo en 17.2% su contenido de nitrógeno (bajó a 1.40%), cuando se inoculó con microorganismos activadores del proceso de descomposición procedentes de caldos microbiales, efecto atribuible al consumo de nitrógeno ocasionado por los microorganismos inoculados.

Cuando la habilitación de los residuos orgánicos se hizo mediante lombricompostaje, hubo mejoras importantes en el contenido de nitrógeno, el cual osciló entre 1.2 y 3.6%, correspondiendo los mayores valores (3.1, 3.2 y 3.6%) a muestras procedentes de lombricompostaje elaborado a partir de sólo bovinaza (Tabla 3), rangos que sobrepasan los valores de 2 a 3% asignados por Gómez y de 1 a 3% por la Asociación Alemana para que un abono orgánico sea considerado de buena calidad.

Los contenidos de materia orgánica oscilaron entre 24.0 a 48.8% según procedieran de compostaje de bovinaza y residuos vegetales (de maíz, o de frijol, papa y pasto), o de lombricompostaje obtenido a partir de sólo bovinaza en el mismo orden, valores estos que son superiores al 20% establecido en Europa como el promedio para un abono orgánico de buena calidad.

Las relaciones de C/N analizadas en los diferentes compost producidos variaron entre 11.6 y 12.8 según los residuos orgánicos utilizados: equinaza, cascarilla de arroz sin y con inoculación de la pila de compostaje con microorganismos (Tabla 2), mientras que en los lombricompostos los valores estuvieron entre 6.0 y 9.3 según el substrato haya sido solamente bovinaza o de caprinaza y residuos de cocina, de pasto y de frijol (Tabla 3); los valores referidos señalan relaciones estrechas que expresan suficiente estabilidad y madurez tanto de compost como de lombricompostaje, particularmente los correspondientes al último mencionado.

Los contenidos de fósforo encontrados en los compostajes (Tabla 2) fueron inferiores al 0.35% y aún cuando los contenidos mejoraron en algunos lombricompostos, estos continúan inferiores al 1% (Tabla 3), y se resalta el bajo contenido (inferior a 0.07%) cuando el substrato del lombricompostaje fue sólo estiércol de origen animal (bovinaza) expresando, de alguna manera, los bajos contenidos de este elemento en los suelos y pastos de la región.

El potasio, que generalmente se encuentra en cantidades elevadas en los estiércoles de ganado, mostró su máximo nivel (3.40%) en el lombricompostaje, cuando se utilizó como substrato caprinaza más cal dolomítica con residuos de pasto, de frijol y de cocina, pero se redujo en 36.5% al pasar a 2.16% cuando se usó esta misma mezcla pero sin cal dolomítica (Tabla 3); el menor valor (0.22%) se encontró en lombricompostos obtenidos a partir de estiércol de bovino solo.

Tabla 2. Contenidos nutricionales en compost obtenidos a partir de mezclas de residuos orgánicos.

Tipo de Compost	pH	Contenido de elementos por muestra												
		C/N	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Caprinaza + residuos frijol	9.4		1.30	0.09	1.00	0.23	0.04	0.07	37	2.2	11.1	9.8	7.2	
Bovinaza + residuos maíz	8.2	se evaluó	1.20	0.04	0.26	0.33	0.05	0.01	30	1.4	1.4	6.6	0.6	
Bovinaza + residuos maíz y bagazo caña	7.2	se evaluó	0.80	0.08	0.50	0.95	0.11	0.05	61	110.8	54.6	156.5	5.8	
Caprinaza + residuos pasto	8.4	No se evaluó	0.65	0.01	0.41	0.39	0.04	0.07	57	1.1	20.0	6.9	1.0	
Equinaza + cascarrilla de arroz	8.3	11.6	1.69	0.35	2.23	1.68	0.39		4700	34.0	344.0	200.0	11.6	
Equinaza + cascarrilla de arroz + inoculación con cultivos microbiales (1)	8.4	12.8	1.40	0.35	2.34	2.18	0.42		5808	41.2	336.0	228.0	14.1	

Laboratorio de Química de Suelos. Corpoica, Tibaitiá. 1999-2000.

(1) Compost obtenido en 2,5 meses. los demás en 4,5 meses.

Tabla 3. Contenidos nutricionales en lombricompost obtenidos a partir de diferentes residuos orgánicos.

Tipo de Lombricompost	pH	Contenido de elementos por muestra												
		C/N	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	B
ppm														
Bovinaza + residuos cosecha frijol, papa y pasto	7.3	No se evaluó	No se evaluó	1.2	0.70	3.20	5.70	0.40		12134	27.0	23.0	152.0	33.0
Bovinaza + residuos: maíz y cocina	7.7	No se evaluó	No se evaluó	1.4	0.65	1.30	1.70	0.56		12800	17.0	196.0	200.0	41.0
Caprinaza + cal dolomítica + residuos: pasto, frijol, cocina.	8.6	No se evaluó	No se evaluó	2.0	0.73	3.40	1.80	0.92		6800	91.0	152.0	376.0	21.0
Caprinaza + residuos: pastos, frijol, cocina.	8.6	9.3	19.7	2.1	0.35	2.16	3.18	1.00		9384	58.0	200.8	276.0	25.4
Bovinaza (1)	6.7	6.0	19.3	3.2	0.03	0.22	0.53	0.12	0.04	4	1.2	11.2	5.0	1.7
Bovinaza (1)	8.2	7.9	28.3	3.6	0.07	0.67	0.19	0.12	0.02	14	1.7	27.2	6.3	9.7
Bovinaza (1)	6.8	7.9	24.6	3.1	0.07	0.62	0.13	0.08	0.02	21	1.9	45.1	7.4	EC

Laboratorio de Química de Suelos, Corpoica, Tibaitatá, 1999-2000.

(1) Los elementos contenidos son disponibles (en las demás muestras son contenidos totales).

Otros aspectos que se tienen en cuenta con frecuencia para determinar la calidad de un buen abono orgánico hacen referencia a la sumatoria de los contenidos de N P K, los cuales según Gómez (2000) deben ser cercanos al 4%, mientras que en los países desarrollados, por los costos de la mano de obra para su producción y aplicación exigen niveles del 6%; tales condiciones las cumplen la mayoría de los lombricompostos analizados y algunos compostajes particularmente cuando los estiércoles son mezclados, en forma adecuada, con residuos vegetales.

Se exige también que el contenido de calcio supere los de potasio y magnesio, situación que se dio siempre con relación al magnesio, mas no con el potasio en compostajes y lombricompostos cuando el substrato fue de equinaza y caprinaza con diferentes tipos de residuos vegetales, siendo de interés continuar evaluando dichos substratos.

Cuando se consideraron los elementos menores se encontró que bajo los dos sistemas de *habilitación* de los residuos utilizados, el microelemento más abundante fue el hierro no obstante, los niveles no pasaron de 1.28%.

Los contenidos de manganeso fueron muy variables, desde muy bajos: 1.4 a 54.6 ppm en los compost con base en bovinaza y residuos de maíz y bagazo de caña (Tabla 2) hasta niveles considerados como normales: 152 a 344 ppm obtenidas en lombricompostaje con caprinaza, cal dolomítica y residuos de pasto, frijol

y cocina (Tabla 3) y con el compost producido con equinaza y cascarilla de arroz (Tabla 2).

El contenido de cobre en algunos compost fue bajo, con niveles que oscilaron entre 1.1 ppm cuando se usó caprinaza y residuos de pasto, y 34 ppm con equinaza y cascarilla de arroz; en tanto que cuando este último compost fue inoculado con caldos microbiales se logró una concentración de 41.2 ppm (Tabla 2), valor muy cercano al normal (43 ppm).

En lombricompostajes cuando se usó caprinaza, residuos de frijol, pastos y cocina y compostaje de bovinaza, residuos de maíz y bagazo de caña, las concentraciones de este elemento superaron el valor considerado como crítico (43 ppm) al encontrarse entre 58 y 110.8 ppm en su orden.

Cuando al substrato de caprinaza además de residuo de pasto, se le adicionaron residuos de cocina y de soca de frijol descompuestos mediante procesos de lombricompostaje, el contenido de cobre ascendió a 58 ppm; cuando el substrato fue de bovinaza con soca de maíz y bagazo de caña tratados con compost, la concentración de cobre fue de 110.8 ppm.

Los contenidos de zinc, se deben analizar con cuidado, por cuanto al superar los niveles máximos tolerables se convierten en elementos tóxicos. Según la Sociedad Alemana, para la calidad del compost, los niveles aceptables de zinc son de 233 ppm. Los valores encontrados (Ta-

blas 2 y 3) fueron muy disímiles, correspondiendo los menores niveles a lombricompuestos de solo bovinaza, o compostajes de estiércoles (ovinos, conejos, caprinos y bovinos) en algunos casos acompañados de socas de maíz o de frijol.

Se acercó a los niveles tolerables en compostajes de equinaza con cascarrilla de arroz con y sin inoculación con caldos microbiales, mientras que en algunos lombricompuestos elaborados a partir de caprinaza con residuos vegetales y de cocina, los encontrados superan los permitidos.

En los abonos producidos el contenido de boro fue bajo; osciló entre 0.6 y 41 ppm, con bovinaza y residuos de maíz compostado (Tabla 2) y bovinaza con residuos de maíz y de cocina, lombricompostados (Tabla 3) en su orden.

El pH de los abonos orgánicos es otro factor importante para tener en cuenta, ya que de él depende el potencial de las bacterias benéficas para recolonizarlo después de alcanzar un punto máximo de calor.

Cuando la mezcla de residuos orgánicos procesada estuvo constituida principalmente por bovinaza, el pH en los abonos producidos osciló de casi neutro (6.7) a alcalino (7.7); en tanto que la caprinaza y equinaza dieron origen a abonos alcalinos (pH de 8.4, 8.6 y 9.4), los cuales pueden permitir un buen desempeño en suelos ácidos, facilitando la actividad de algunas bacterias pero inhiben el control biológico que realizan ciertos hongos.

Los resultados analizados de los diferentes compostajes y lombricompostajes obtenidos, indican que no es fácil obtener un abono de origen orgánico que llene en su totalidad los requerimientos de la referencia, dado que si se cumplen para algunos factores otros se desarreglan.

A pesar de lo anterior, es fácil vislumbrar que el más estable tanto por su pH neutro como contenido de elementos fue el lombricompuesto obtenido a partir de bovinaza con residuos vegetales de frijol, papa y pasto, aún cuando su contenido de nitrógeno no es el mejor.

Otros, como los lombricompuestos obtenidos con base en bovinaza sola, tienen buen contenido de nitrógeno (superior al 3%), pero son pobres en fósforo, potasio y elementos menores.

Con base en los análisis microbiológicos realizados a diferentes abonos orgánicos se puede afirmar que las poblaciones de bacterias y hongos aerobios mesófilos, fueron los microorganismos más numerosos (40×10^4 a 230×10^4 UFC/g de abono seco), seguidos de las bacterias anaerobias facultativas clostridios sulfitorreductores (66×10^2 a 232×10^2 UFC/g) y de hongos y levaduras (25×10^2 a 7×10^3 UFC/g) mientras que las de coliformes (bacterias también anaerobias facultativas fueron las menos numerosas (5×10^1 a 122×10^1 UFC/g) (Tabla 4).

Tabla 4. Recuento microbiológico en muestras de abonos orgánicos.

Muestra analizada	Recuento total (UFC/gramo de abono)			
	Aerobios mesófilos (10^5)	Coliformes (10^3)	Clostridios sulfitorreductores (10^1)	Hongos y levaduras (10^4)
Compost : Equinaza + cascarilla de arroz + inoculación con caldos microbiales.	140×10^4	8×10^1	232×10^2	7×10^3
Lombricompost: Bovinaza + residuos de pasto, frijol y papa.	230×10^4	5×10^1	156×10^2	25×10^2
Lombricompost: Caprinaza + residuos de pasto, frijol y cocina.	40×10^4	122×10^1	30×10^3	66×10^2

Laboratorio Centro Diagnóstico Animal (ICA - Bucaramanga 1999 - 2000)

El lombricompostaje elaborado con base en caprinaza más residuos de pasto, frijol y cocina fue el que presentó las poblaciones más altas de coliformes, no obstante están dentro de una condición normal ($< 10 \times 10^3$ UFC/g); los clostridios superaron los valores normales ($< 20 \times 10^1$ UFC/g), lo cual indica que los residuos orgánicos, en su etapa de descomposición, no alcanzaron la temperatura necesaria (más de 60° C por mínimo 30 minutos) para que hubiese tenido lugar la destrucción de estos microorganismos patógenos al hombre pero importantes para el suelo por su capacidad para reducir los nitratos a nitritos.

Por su parte el compost con base en estiércol de equino fue el que originó la densidad de población de hongos y levaduras más altos observados en los análisis, pero con niveles que están dentro de una condición normal ($< 10 \times 10^4$ UFC/g), en tanto que el lombricompostaje obtenido con estiércol de bovino y residuos de pastos, frijol, papa fue el que presentó las menores poblaciones microbiales (Tabla 4).

Entre las especies de bacterias aisladas en muestras de los abonos se presentaron *Escherichia coli*, importante para considerar ya que además de ser morador habitual del intestino de los animales y en el hombre, tiene la facultad de reducir los nitratos a nitritos; *Pseudomonas spp* patógenos de importancia económica en vegetales, dado que producen marchitamiento y caída de hojas, pero que en poblaciones normales intervienen en la hidrólisis enzimática de las proteínas, lo que les confiere la capacidad estimuladora de crecimiento vegetal; otras bacterias acompañantes como *Enterobacter aerogenes*, fueron importantes porque también reducen los nitratos.

En los abonos estudiados se presentó diversidad de hongos (Tabla 5), entre los que *Mycelia sterila* fue la población dominante con 91 y 43% del total de la microflora en el lombricompost con base en caprinaza y en el compost con equinaza respectivamente, no se aisló este hongo en el lombricompost con bovinaza; mientras que *Aspergillus fumigatus*, causante de enfermedades en las vías respiratorias de los humanos, superó las poblaciones de hongos en el lombricompost con bovinaza con el 48% del total.

Algunos patógenos débiles en plantas y en los humanos como *Rhizopus spp.*, causante de daños en las vías respiratorias fue aislado en los abonos elaborados con base en equinaza y bovinaza, y el *Cladosporium spp* y *Fusarium spp* en caprinaza, estos dos últimos de importancia porque además de ser fitopatógenos contribuyen en la elaboración de enzimas proteolíticas y algunos secretan sustancias con acción antibióticas respectivamente.

Tabla 5. Aislamientos microbiales en muestras de abonos orgánicos.

Muestra analizada	<i>E. coli</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Pseudomonas spp</i>	<i>Mycelia sterila</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus spp</i>
Compost: Equinaza + cascarilla de arroz + inoculación con caldos microbiales	2/5	3/5	Sin Cuantificar	43 %	<i>fumigatus</i> 28.5 %	28.5 %
Lombricompost: Bovinaza + residuos de pasto, frijol y papa	3/5	2/5			<i>fumigatus</i> 48.0 % <i>flavus</i> 40.0 % <i>niger</i> 12.0 %	
Lombricompost: Caprinaza + residuos de pasto, frijol y cocina	3/6			91 %	<i>flavus</i> 3.0 %	1.5 %
	Enterobacter Cloacae 1/6 Aerógenos 2/6 No se aísla salmonella en 25 gramos			<i>Cladosporium spp</i> 3%	<i>Fusarium spp</i> 1.5 %	

Laboratorio Centro Diagnóstico Animal (ICA - Bucaramanga).

6.3. HONGOS MICORRÍCICOS VESÍCULO ARBUSCULARES NATIVOS E INTRODUCIDOS

La evaluación de hongos nativos formadores de micorrizas vesículo arbusculares (V.A.) en algunos suelos de Santander, representativos de las zonas agroecológicas Kv, Mf, Me y Fj en los municipios de Rionegro, San José de Miranda, Enciso y Málaga respectivamente, señalan la existencia de una mezcla de hongos micorrícicos vesículo arbusculares (V.A.) en la que el género *Glomus sp* es la población dominante; sin embargo, su comportamiento evaluado por el número de esporas viables y el porcentaje de colonización en segmentos radiculares varió según la localidad y las condiciones del suelo.

En condiciones de clima frío, zona agroecológica Fj, en un suelo manejado con una pradera de kikuyo, tréboles y falsa poa y diferentes fuentes de fertilización, con pH que osciló entre fuertemente ácido a moderadamente ácido (5.3 a 5.7), contenidos de nitrógeno medio (0.24 a 0.32%) y fósforo bajo (3.5 a 14.0 mg/Kg), presentó las poblaciones de esporas más altas, las cuales oscilaron entre 2.993 y 1777/100 g de suelo correspondiendo el mayor valor a la pradera que recibió caldo microbial aeróbico y el menor a la fertilizada con nitrógeno mineral con base en urea del 46%.

En condiciones de clima cálido, zona agroecológica Kv en una plantación de cacao establecida en un suelo también fuertemente ácido (pH 5.2) con nivel medio de nitrógeno (0.20%) y fósforo bajo (11 mg/Kg), la población de esporas fue de 2.237 / 100 g de suelo considerada alta.

Para esta misma condición de clima pero en un suelo moderadamente ácido a ligeramente ácido (5.5 a 6.0), con contenido de nitrógeno medio y fósforo entre medio a alto (29 a 91 mg/Kg) la población de MVA fue baja y osciló entre 240 a 297/100 g de suelo, correspondiendo el menor valor al suelo que presentó el mayor contenido de fósforo.

Poblaciones bajas entre 365 a 637 fueron también identificadas en suelos con cultivos de yuca y maíz en las zonas agroecológicas Mf y Me de San José de Miranda y Enciso, las cuales tenían pH entre casi neutro a alcalino (6.7 a 7.4), nitrógeno de bajo a alto (0.13 a 0.30%) y fósforo de bajo a medio (5.9 a 21.0 mg/Kg).

Una situación similar se presentó con la muestra tomada de la rizosfera de una plantación de *Leucaena leucocephala* en un suelo alcalino pH (7.7), alto en nitrógeno (0.27%) y fósforo (94 mg/Kg), en donde el número de espores llegó a 570.

Los resultados anteriores inducen a inferir que esta diferencia en esporulación puede ser atribuida al pH y contenido de fósforo en el suelo, en donde se pudo observar que a medida que el pH se torna de ligeramente ácido a alcalino y el fósforo sube de medio a alto, la capacidad del hongo para esporular o formar esporas es menor, no obstante observar una mejor simbiosis hongo-raíz, identificada con base en la mayor colonización del hongo.

Se puede señalar que en condiciones de San José de Miranda y Enciso la pedregosidad del suelo parece ser un factor adverso a la esporulación del hongo, que se debe estudiar con mayor detenimiento.

No se observó correlación entre la población de esporas y el porcentaje de colonización (a mayor colonización del hongo menor número de esporas) (Tabla 6).

Así mismo, ocho hongos procedentes de la colección de micorrizas del CIAT (Palmira) fueron multiplicados y evaluados en condiciones del banco de micorrizas del Centro de Investigación El Arsenal (Enciso) utilizando un suelo alcalino con bajo contenido de nitrógeno y fósforo y plantas hospederas como maíz y pasto *Brachiaria decumbens*, con el fin de determinar su efectividad y seleccionar las mejores para luego ser inoculadas a cultivos dentro del proceso

de investigación que se adelanta en el campo en las fincas de productores.

Los resultados señalan que el hongo *Glomus sp* produjo la mejor respuesta en efectividad por presentar en evaluación temprana tres meses después de su inoculación, el más alto número de esporas viables, 1547, y el porcentaje de colonización más alto (70%), en segmentos de raíz de maíz; en los hongos restantes la población de esporas fue baja 102 a 753 (Tabla 7); algunos presentaron infección muy baja cuando se usó mezcla de hongos inoculados en maíz o se usaron los hongos *Acaulospora longula* y *Acaulospora spinosa* en *Brachiaria decumbens*.

Tabla 6. Comportamiento (N° de esporas y % de colonización) de hongos nativos formadores de micorrizas V.A. en suelos de Santander.

Procedencia de la muestra	Condiciones del suelo			Género predominante	Esporas en 100 g de suelo N°	Colonización del hongo en segmentos radiculares %
	pH	N %	P Mg/Kg			
Plantación de <i>Leucaena leucocephala</i> Vereda Plan de Llano, Enciso.	7.7	0.27	94.0	<i>Glomus sp</i>	570	68
Cultivo de Yuca Vereda El Espinal, San José de Miranda.	7.4	0.13	21.0	<i>Glomus sp</i>	637	70
Cultivo de Maíz Vereda Plan de Llano, Enciso	6.7	0.30	5.9	<i>Glomus sp</i>	363	80
Plantación de Cacao Vereda Salamaga, Rionegro.	6.0	0.10	91.0	<i>Glomus sp</i>	240	46
	5.2	0.20	11.0	<i>Glomus sp</i>	2237	26
	5.5	0.21	29.0	No se identificó por no presentar conexión hifal	297	44
Pradera con pasto Kikuyo y Tréboles:						
1. Con aplicación de caldo microbial aeróbico	5.3	0.28	3.5	<i>Glomus sp</i>	2993	20
2. Con aplicación de caldo anaeróbico.	5.4	0.32	3.9	<i>Glomus sp</i>	1483	30
3. Abonada con Compost.	5.4	0.32	8.0	<i>Glomus sp</i>	2597	40
	5.4	0.29	5.7	<i>Glomus sp</i>	1777	28
4. Fertilizada con urea	5.7	0.24	14.0	<i>Glomus sp</i>	1940	46
5. Sin fertilización						

Laboratorio de Micorrizas del Centro Internacional de Agricultura Tropical "CIAT". 1999.

Tabla 7. Comportamiento (N° de esporas y % de colonización) de diferentes hongos micorrícicos V.A. en banco de micorizas con *Brachiaria decumbens* y maíz en el C.I. El Arsenal. Enciso, 1999.

Hongo inoculado	Comportamiento *	
	Esporas en 100 g N°	Colonización %
	3 meses	3 meses
<i>Glomus sp</i>	1547	70
<i>Glomus fasciculatum</i>	210	40
<i>Gigaspora roseae</i>	197	54
Mezcla de hongos M.V.A.	173	14
<i>Glomus fasciculatum</i>	753	25
<i>Glomus diaphanum</i>	487	20
<i>Acaulospora longula</i>	577	16
<i>Acaulospora spinosa</i>	310	15

Suelo: pH = 7.4

N = 0.13

P = 21 mg/Kg

Laboratorio de Micorizas del Centro Internacional de Agricultura Tropical "CIAT". 1999.

* 3 meses después de la aplicación de la inoculación.

Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de mantener los hongos en el banco por mayor tiempo (hasta un año) con evaluaciones periódicas (cada 3 o 4 meses), ya que algunos requieren más tiempo para desarrollar sus cualidades microbiales; también se podría pensar en la posibilidad de mejorar el suelo utilizado, particularmente en contenido de materia orgánica e introducir otras especies de hongos V.A. con mayor capacidad de adaptación a las condiciones del medio.

7. ALGUNAS EXPERIENCIAS CON EL USO DE LOS BIOPREPARADOS

Durante un período de tres años consecutivos se evaluó la respuesta al uso de los biopreparados, frente a la fertilización convencional mediante la utilización de productos de síntesis, en los sistemas de producción predominantes en las zonas agroecológicas Kv, Mf, Me, Fi y Fj de Santander, Norte de Santander y Boyacá, especialmente en pastos, frijol y maíz. Algunas de las experiencias obtenidas se incluyen a continuación.

7.1. EXPERIENCIAS EN PASTOS

Se evaluó la producción de biomasa y contenido de nutrientes en praderas y pastos de corte, como respuesta a la aplicación de caldos microbiales aeróbico y anaeróbico, diluidos en agua en proporción de 1:3, aplicados en el momento del corte y luego cada 15 días durante tres oportunidades, 2t/ha/año de compost aplicado al inicio del estudio y la fertilización convencional mediante la aplicación de urea del 46% en dosis de 100 Kg/ha/año por una sola oportunidad y también al inicio del estudio.

La evaluación se realizó en cinco localidades diferentes, tres de ellas en clima frío (zona agroecológica Fj) de los municipios de Málaga y San José de Miranda en praderas conformadas por pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En Málaga, después de un año de seguimiento en la Localidad 1, los rendimientos obtenidos en producción de forraje seco por hectárea cada 120 días, fueron de 5.427 y 6.579 Kg para las aplicaciones de nitrógeno mineral (urea del 46%) y caldo microbial anaeróbico en su orden, sin que entre estos valores se encontraran diferencias significativas al realizar el análisis estadístico; pero entre estos tratamientos, y el de control sin ninguna fertilización, en el cual se obtuvo 4.143 Kg/ha, sí se detectó diferencia significativa.

En la Localidad 2, los rendimientos oscilaron entre 3.930 y 5.541 Kg/ha de materia seca, sin que dichos valores fueran significativamente diferentes entre sí; situación diferente ocurrió en San José de Miranda donde la mejor respuesta de 4.712 Kg/ha de materia seca se obtuvo con la aplicación de nitrógeno mineral, valor que fue significativamente diferente con relación a los rendimientos obtenidos con los tres biopreparados evaluados (Tabla 8).

Tabla 8. Producción media de forraje (Materia seca en Kg/ha) en una pradera de pasto kikuyo en función de la fertilización y número de corte en diferentes municipios. Años 1998-1999-2000.

Descripción condiciones	Producción media de materia seca (Kg/ha) en función de la fertilización ①					
	Caldos Microbiales		Abono Orgánico Compost	N. Mineral (Urea)	Control (sin fertilización)	Promedio Cortes
	Aeróbico	Anaeróbico				
Málaga Loc. 1						
	N° cortes:					
1998 B	1600	2173	1986	1602	3647	2201 b
1999 A	8056	8499	7704	7098	4428	7157 a
1999 B	8803	9066	7779	7582	4354	7517 a
Promedio/Tratamiento:	6153 a	6579 a	5823 a	5427 a	4143 b	
	cv = 23.85 %					
Málaga Loc. 2						
2000 A	4746 a	3930 a	4885 a	5541 a	-----	4776
	cv = 23.5 %					
San José de Miranda Loc. 3						
2000 A	2337 b	2947 b	2651 b	4712 a	-----	3162
	cv = 22.5 %					

Promedios identificados con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Duncan 5%)
 (1) Promedio de tres repeticiones/tratamiento/corte/municipio.

El contenido de nutrientes en el forraje no mostró estar influenciado por los tratamientos utilizados; en general la proteína fue alta, pero los nutrientes digestibles totales (TDN) y la energía neta (ENL) fue baja, observándose también un desbalance entre los contenidos de fósforo y magnesio con relación al calcio.

En clima medio, zona agroecológica Me, de Piedecuesta y en una pradera conformada por pasto *Brachiaria decumbens*, la producción de materia seca en Kg/ha cada 45 días, reveló rendimientos promedio de 2.744 a 2.611 Kg/ha para la aplicación de los diferentes biopreparados y urea sin que se encontraran entre ellos diferencias significativas al momento del análisis estadístico; sin embargo, cuando se mezclaron los dos caldos microbiales, el rendimiento se redujo a 1.864 Kg, el cual fue, desde el punto de vista estadístico, similar al obtenido en el tratamiento control (1.831 Kg) (Tabla 9), resultado atribuible a la mayor competencia por parte de los microorganismos en el consumo de nutrientes, particularmente de nitrógeno.

Tabla 9. Producción media de forraje (Materia Seca en Kg/ha) por corte, en una pradera de *Brachiaria decumbens* en función la fertilización en Piedecuesta (Santander).

Nº Tto	Fertilización	Producción de forraje (Materia seca en Kg/ha)				
		Corte (número)				Promedio/Tto
		Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	
1	Químico (Urea)	2620.0 a	2134.3 b	2074.8 bc	3616.3 a	2611.4 a
2	Anaeróbico	1829.4 b	2794.1 a	2589.2 ab	3761.7 a	2743.6 a
3	Aeróbico	1554.5 b	2841.7 a	2563.0 ab	3736.0 a	2674.0 a
4	Mezcla caldos	1065.2 c	1764.4 c	2452.3 ab	2175.5 b	1864.3 b
5	Compost	1834.1 b	2556.1 a	2738.3 a	3638.6 a	2691.8 a
6	Testigo Absoluto	1203.9 c	2015.1 bc	1871.8 c	2235.7 b	1831.6 b
Promedio/Corte		1684.5 c	2350.9 b	2381.7 b	3194.0 a	
Coeficientes de variación CV %		13.8	8.7	14.4	18.8	

Promedios de tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente (Duncan 5%)

El pasto de corte Taiwan (*Pennisetum sp*), en clima medio, zona agroecológica Mf, en el municipio de Enciso, mostró rendimientos promedio, cada 100 días de 3717 y 7563 Kg/ha de materia seca (Tabla 10) para los tratamientos de control sin fertilización, y el de aplicación de urea, reflejando así la alta exigencia en nitrógeno por esta especie forrajera.

Tabla 10. Producción media materia seca en (Kg/ha) del pasto Taiwan según tipo de fertilización y número de corte. Enciso 1999.

Tratamientos de fertilización	Producción de materia seca (Kg/ha)		
	Número del corte		Promedio Tratamiento
	1	2	
Caldo aeróbico: 30%	7594	3891	5743 bc
Caldo anaeróbico: 30%	8374	4447	6410 ab
Sin fertilización	4433	3000	3717 d
N mineral (Urea 46%)	9431	5695	7563 a
Lombricomposteo	6975	3941	5458 bc
Promedio x Corte	7361 a	4195 b	

7.2. EXPERIENCIAS EN FRÍJOL

La respuesta del frijol a la aplicación de lombricomposteo, inoculación con diferentes cepas de *Rhizobium*, con micorrizas vesículo arbusculares y a la interacción entre sí de estos factores con relación a la fertilización de síntesis, se evaluó en la zona agroecológica Kv, de clima cálido en Ríonegro, en las zonas Me, Mf, de clima medio en los municipios de Lebríja, Piedecuesta, Enciso, Soatá y Covarachía y en las Fi y Fj de clima frío en Concepción, Málaga, Cerrito, San José de Miranda y Chitagá.

Los materiales estudiados fueron las variedades arbustivas ICA Rovirensis, ICA Froilán, C.ARS-59, ICA Cerinza, ICA Bachué y la variedad regional de frijol voluble Cabrerano.

Los tratamientos utilizados fueron:

- Inoculación con cepas de *Rhizobium* biovar *phaseoli* ICA P8 para climas cálido y medio y la ICA P12 para clima frío, en la cantidad de 5 gramos/Kg de semilla utilizada.
- Aplicación al suelo en el momento de la siembra de hongos micorrícicos V.A. en cantidad de 20 gramos/m lineal de surco, para un total de 335 Kg/ha.
- Lombricompostaje aplicado también en el momento de la siembra, en cantidad de una tonelada/ha/semestre.
- Mezcla de caldos microbiales aeróbico y anaeróbico, aplicados al suelo para aumentar la diversidad de microorganismos, en forma directa, en

una dilución de una parte de la mezcla de caldos por tres de agua; se realizaron tres aplicaciones, las dos primeras, a los 15 y 30 días después de la siembra y la última, antes de la floración.

- Fertilizante de síntesis, 15-15-15 en dosis de 200 Kg/ha aplicados al momento de la siembra.

Los resultados obtenidos indican que los materiales de frijol evaluados además de la localidad muestran comportamientos diferentes según el tratamiento de fertilización empleado, fue así como la variedad arbustiva ICA Rovirensis en condiciones del municipio de Enciso tuvo rendimientos similares para el tratamiento de fertilización de síntesis con relación al uso combinado de rhizobium y micorrizas con 1.034 y 1.065 Kg/ha (Tabla 11), respectivamente.

En Piedecuesta, Soatá y Covarachía, los rendimientos (642 a 998, 610 a 693 y 1.241 a 1.667 Kg/ha de grano seco en su orden) obtenidos mediante la aplicación de los diferentes biopreparados fueron similares, desde el punto de vista estadístico, a la fertilización de síntesis con 785, 629 y 1.278 Kg/ha, respectivamente (Tabla 11); mientras que en el municipio de Lebrija los rendimientos de 1.889 y 1.689 Kg/ha alcanzados con la aplicación de fertilizantes de síntesis y lombricompost fueron similares entre sí y superiores al resto de tratamientos (Tabla 11).

La variedad ICA Froilán, en Piedecuesta, respondió a la inoculación con rhizobium, superando con sus rendimientos (1.773 Kg/ha), al resto de tratamientos, pero en Soatá la respuesta con la fertilización química (1.470 Kg/ha) fue similar a la de todos los tratamientos, excepto a la aplicación de micorrizas y a la interacción Rhizobium - Micorrizas con los cuales se obtuvieron los menores rendimientos físicos de 944 y 904 Kg/ha respectivamente (Tabla 12).

La variedad arbustiva C.ARS-59 evaluada en condiciones de Concepción respondió, en forma significativa, a la aplicación de fertilización química (1.644 Kg/ha), con relación a los demás tratamientos (1.022 a 1.445 Kg/ha). (Tabla 13); este mismo material en condiciones de clima cálido en Rionegro, cuando en el tratamiento a la inoculación con rhizobium o con micorrizas se le adicionó lombricompost, los rendimientos fueron de 873 y 923 Kg/ha (Tabla 13) en su orden, comportamiento estadísticamente similar a cuando se aplicó fertilización de síntesis y superior al resto de tratamientos. Para condiciones locales de Concepción, la variedad C.ARS-59 ofreció la mayor capacidad de adaptación.

En condiciones de clima frío del municipio del Cerrito, se evaluó la variedad arbustiva ICA Cerinza y se obtuvo una respuesta similar a la fertilización química y a la triple interacción de rhizobium, lombricompost y micorrizas (1.855 y 1.811 Kg/ha) (Tabla 14), mientras que, con la variedad ICA Bachué cultivada en Chitagá, con fertilización química se obtuvieron rendimientos similares a los alcanzados con la interacción micorrizas y lombricompost, 1.148 y 1.185 Kg/ha (Tabla 14).

Tabla 11. Producción media (kg/ha) de frijol arbustivo ICA Rovirese en función del tipo de fertilización en diferentes zonas agroecológicas.

Descripción Condiciones	Producción media (Kg/ha) de frijol según fertilización											c v %
	Ta	Tq	R	M	L	Cm	F+M	R+L	R+L+M	M+L		
Zona Agroecológica Me Enciso (Santander)	1999 A	804 ab	1034 a	974 ab	718 b	997 ab	961 ab	1065 a	944 ab	932 ab	998 ab	15.5
Piedecuesta (Santander)	1999 A	775 a	785 a	998 a	642 a	774 a	---	800 a	760 a	701 a	879 a	38.0
Zona Agroecológica Mf Soatá (Boyacá)	1999 A	611 a	629 a	610 a	681 a	564 a	588 a	612 a	587 a	651 a	693 a	19.4
Lebríja (Santander)	2000 A	1252 bcd	1889 a	915 d	1241 bcd	1689 ab	1153 cd	1121 cd	1302 bcd	1269 bcd	1230 bc	18.7
Covarachía (Boyacá)	2000 A	952 b	1278 ab	1406 ab	1555 a	1407 ab	1667 a	1241 ab	1556 a	1333 ab	1435 ab	20.4

Promedios (de tres repeticiones por tratamiento) Identificados con letras comunes, no presentan diferencias significativas entre sí. (Duncan 5%)

Ta = Testigo absoluto R = Rhizobium cepa ICA PB L = Lombricompostaje
Tq = Testigo químico M = Micorrizas Cm = Caldas microbiales

Tabla 12. Producción media (kg/ha) de frijol arbustivo ICA Froilán en función del tipo de fertilización en diferentes zonas agroecológicas.

Descripción Condiciones	Producción media (Kg/ha) de frijol según fertilización										C V %
	Ta	Tq	R	M	L	Cm	R+M	R+L	R+L+M	M+L	
Zona Agroecológica Me Piedecuesta (Santander) 1999 A	1439 ab	1263 ab	1773 a	1138 b	1236 ab	—	1263 ab	1138 b	1201 ab	1112 b	26.0
Zona Agroecológica Mf Soatá (Boyacá) 1999 A	804 c	1470 a	1000 abc	944 bc	1363 ab	992 abc	904 bc	1203 abc	1278 abc	1378 ab	22.5

Promedios (de tres repeticiones por tratamiento) identificados con letras comunes, no presentan diferencias significativas entre sí. (Duncan 5%)

Ta = Testigo absoluto
Tq = Testigo químico

R = Rhizobium cepa ICA P8
M = Micorrizas

L = Lombricompostaje
Cm = Caldos microbianos

Tabla 13. Producción media (Kg/ha) de frijol arbustivo C.ARS-59 en función del tipo de fertilización en diferentes zonas agroecológicas.

Descripción Condiciones	Producción media (Kg/ha) de frijol según fertilización										c v %
	Ta	Tq	R	M	L	Cm	R+M	R+L	R+L+M	M+L	
Zona Agroecológica Fj Concepción (Santander)	1089 cd	1644 a	1178 cd	1022 d	1244 c	1045 d	1200 cd	1244 c	1445 b	1267 c	7.8
Zona Agroecológica Kv Rionegro (Santander)	459 b	908 a	513 b	497 b	853 a	462 b	639 ab	873 a	604 ab	923 a	25.0

Promedios (de tres repeticiones por tratamiento) identificados con letras comunes, no presentan diferencias significativas entre sí. (Duncan 5%)

Ta = Testigo absoluto R = Rhizobium cepa ICA P8 L = Lombricompostaje
Tq = Testigo químico M = Micorrizas Cm = Celdas microbiales

Tabla 14. Producción media (Kg/ha) de frijol arbustivo en función del tipo de fertilización en la zona agroecológica Fj.

Descripción Condiciones	Producción media (Kg/ha) de frijol según fertilización										c v %
	Ta	Tq	R	M	L	Cm	R+M	R+L	R+L+M	M+L	
Cerrito (Santander) Frijol ICA Cerinza: 2000 A	1511 d	1855 a	1733 bc	1567 d	1567 d	1556 d	1567 d	1700 c	1811 ab	1689 c	3.7
Chitagá (Nte Santander) Frijol ICA Bachué: 2000 A	944 d	1148 ab	1000 cd	963 d	1000 cd	981 cd	1037 bcd	1093 abc	1148 ab	1185 a	6.0

Promedios (de tres repeticiones por tratamiento) identificados con letras comunes, no presentan diferencias significativas entre sí. (Duncan 5%)

Ta = Testigo absoluto R = Rhizobium cepa ICA P8 L = Lombricompostaje
Tq = Testigoquímico M = Micorrizas Cm = Caldos microbiales

La respuesta obtenida con los rendimientos de frijol en los municipios de Rionegro, Cerrito y Chitagá induce a aceptar que el acondicionamiento del suelo proporcionado por el lombricompost hace más efectiva la inoculación con *rhizobium* o con micorrizas.

También se evaluó en tres localidades de clima frío el frijol voluble conocido en la región con el nombre de Cabrerano el cual, en condiciones agroecológicas similares de Málaga y Chitagá no señaló diferencias en las respuestas obtenidas ante la aplicación de diferentes tratamientos, mientras que en el municipio de San José de Miranda, la fertilización con químico y lombricompost los resultados fueron similares (1.250 y 1.233 Kg/ha respectivamente), y superiores a los demás tratamientos (Tabla 15).

7.3. EXPERIENCIAS EN MAÍZ

Los biopreparados se evaluaron con la variedad de maíz ICA V-304 en seis localidades, de las cuales dos correspondieron al municipio de Enciso en la zona agroecológica Me, en donde se manejó la rotación frijol - maíz - frijol y se utilizaron los mismos 10 tratamientos descritos para el frijol; para tal fin la asignación de tratamientos en cada una de las parcelas se conservó durante los tres ciclos de rotación, pero los tratamientos en donde correspondía la inoculación con *rhizobium* y las interacciones, no se efectuó, por lo que se evaluó en este caso el efecto residual de la inoculación al frijol.

En las cuatro restantes localidades, Lebrija (Me), Soatá y San José de

Miranda (Mf) y Rionegro (Kv), se evaluaron sólo seis tratamientos que corresponden a los mismos de frijol descartando los que tenían inoculación con *rhizobium*, la respuesta obtenida, medida por el rendimiento de grano seco en Kg/ha, no mostró diferencias significativas entre tratamientos, excepto en el municipio de San José de Miranda en donde la aplicación de lombricompost permitió obtener un rendimiento de 1.311 Kg/ha el cual superó significativamente al resto de tratamientos que produjeron entre 978 a 1.133 Kg/ha (Tabla 16).

7.4. CAMBIOS EN EL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL SUELO POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LOS BIOPREPARADOS

En un suelo del municipio de Málaga (zona agroecológica Fj) un año después de estar aplicando los biopreparados en una pradera de kikuyo, el análisis químico del suelo señala que el contenido de materia orgánica mejoró con la aplicación del caldo microbial anaeróbico y con el compost, el fósforo mejoró al ascender de 5 a 14 mg/Kg en el suelo en donde no se fertilizó, efecto atribuible a una mejor colonización en la raíz del pasto por parte del hongo nativo micorrízico vesículo arbuscular *Glomus sp.*

La aplicación de compost también favoreció el contenido de este mineral; el pH se redujo en todo los casos, mientras que los contenidos de elementos menores se incrementaron en todos los casos con excepción del boro, que permaneció estable.

Tabla 15. Producción media (Kg/ha) de frijol voluble (variedad Cabrerano) en función del tipo de fertilización en la zona agroecológica Fj.

Descripción Condiciones	Producción media (Kg/ha) de frijol según fertilización											CV %	
	Ta	Tq	R	M	L	Cm	R+M	R+L	R+L+M	M+L			
Málaga (Santander)													
1999 A	—	2037 a	1806 a	1778 a	2000 a	2047 a	1778 a	1903 a	1885 a	1889 a	5.5		
San José de Miranda (Santander)													
1999 B	729 c	1250 a	973 b	990 b	1233 a	851 b	1007 b	—	—	—	4.8		
Chitagá (Nte Santander)													
1999 A	---	2986 a	3111 a	3083 a	3153 a	3069 a	3222 a	3132 a	3188 a	3195 a	2.9		

Promedios (de tres repeticiones por tratamiento) identificados con letras comunes, no presentan diferencias significativas entre sí. (Duncan 5%)

Ta = Testigo absoluto R = Rhizobium cepa ICA P8 L = Lombricompostaje
Tq = Testigoquímico M = Micorrizas Cm = Caldos microbiales

Tabla 16. Producción media (Kg/ha) de maíz en función del tipo de fertilización en diferentes zonas agroecológicas.

Descripción Condiciones	Producción media (Kg/ha) de maíz según fertilización											c v %
	Ta	Tq	R	M	L	Cm	R+M	R+L	R+L+M	M+L		
Zona Agroecológica Me Enciso (Santander) 1999 B	746	1188	850	845	1209	1047	900	1254	1043	1027	12.1	
	c 771	a 1491	bc 984	bc 992	a 1248	ab 1196	bc 1048	a 990	ab 1242	ab 1170	34.5	
Lebríja (Santander) 2000 A	2021	2442	---	1788	2546	1963	---	---	---	2175	21.3	
	a	a		a	a	a				a		
Zona Agroecológica Mf Soatá (Boyacá) 1999 A	1688	2251	---	1969	1882	1969	---	---	---	2375	13.8	
	a	a		a	a	a				a		
S.J. de Miranda (Santander) 2000 A	978	1111	---	1133	1311	1089	---	---	---	1067	8.4	
	b	b		b	a	b				b		
Zona Agroecológica Kv: Ríonegro (Santander) 1999 B	1688	2251	---	1969	1882	1969	---	---	---	2375	12.3	
	a	a		a	a	a				a		

Promedios (de tres repeticiones por tratamiento) identificados con letras comunes, no presentan diferencias significativas entre sí (Duncan 5%)

Ta = Testigo absoluto R = Rhizobium cepa ICA P8 L = Lombricompostaje
Tq = Testigoquímico M = Micorrizas Cm = Caldos microhialales

El efecto de los biopreparados sobre suelos cultivados con pasto corte Taiwan indica que la materia orgánica presentó una ligera reducción en todos los tratamientos; el fósforo observó un incremento significativo en todos los tratamientos, particularmente cuando se aplicó lombricompost; la capacidad de intercambio catiónico, se incrementó en todos los casos, estando dicho incremento asociado con un aumento en los contenidos de calcio, magnesio y potasio, excepto cuando se aplicó lombricompost, donde el calcio no se incrementó; los elementos menores se redujeron en todos los casos, pero sin que llegaran tales reducciones a niveles críticos.

En un sistema rotacional frijol - maíz en clima medio, se estudió mediante análisis químico el comportamiento inicial y final del suelo después de cada cultivo, observándose que la materia orgánica pasó de un contenido inicial de 2,6 a 4,2 y 2,7 % después de cultivado frijol y maíz.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) pasó de 12,9 a 15,0 mg/Kg de suelo con el frijol y permaneció estable luego de recolectado el maíz, incremento que fue ocasionado por el mejoramiento en el nivel de calcio el cual pasó de 11,9 a 14,0 cmol/Kg de suelo; el magnesio de un contenido inicial de 0,68 pasó a 0,62 y 0,78 cmol/Kg luego de cultivado frijol en su orden.

Los elementos menores se incrementaron después de la siembra de frijol a excepción del boro que se redujo al pasar de 0,97 a 0,23 mg/Kg; con el maíz los contenidos de elementos menores encontrados se redujeron, no obstante, continuaron siendo superiores al estado inicial a excepción del boro que de 0,23 pasó a 0,25 mg/Kg. Los resultados señalan una mayor extracción de nutrientes del suelo por parte del maíz conforme lo corroboran los análisis químicos.

Los biofertilizantes utilizados, sean micorrizas o *rhizobium*, requieren condiciones adecuadas en el suelo particularmente en la disponibilidad de materia orgánica; esto se hizo evidente cuando se adicionó lombricompostaje a las inoculaciones realizadas con ellos.

Se deben considerar los aportes en microorganismos de los caldos microbiales, los cuales también exigen para su expresión, condiciones adecuadas del suelo siendo nuevamente la materia orgánica el elemento fundamental.

8. RESPUESTA ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ESTUDIADOS A LA APLICACIÓN DE DIFERENTES BIOPREPARADOS

El análisis económico realizado para evaluar la respuesta de los diferentes sistemas de producción estudiados a la aplicación de los biopreparados en comparación con la fertilización de síntesis, se basó en los costos variables parciales y el ingreso neto parcial asociados al cambio en la alternativa de fertilización.

En praderas, para cuantificar el ingreso bruto se determinó la capacidad de sostenimiento en cabezas de ganado/ha y un valor de arrendamiento de \$30.000 cabeza/mes. Para estimar la capacidad de sostenimiento se tuvo en cuenta un animal de 500 kg de peso vivo con un consumo diario en Kg de materia seca de 2,5% con relación a su peso (12,5 kg consumo/día).

Teniendo en cuenta estas consideraciones se encontró, que tanto en clima frío (zona Fj) como en el cálido (zona Me) con praderas de kikuyo y brachiaria en su orden, la mejor respuesta económica la reportó la aplicación de caldo microbio anaeróbico, el cual si bien es cierto, superó en 34.2% los costos variables de la fertilización química con urea, mostró también el mayor ingreso neto parcial (\$1'208.400 y \$1'654.800 respectivamente).

En frijol, los costos variables por los diferentes tratamientos, oscilaron entre \$13.600 y \$160.000, correspondiendo el menor valor a la aplicación de rhizobium y el más alto al ocasionado por la fertilización química con urea.

El frijol arbustivo ICA Rovirensis señaló su mejor ingreso neto (\$1'364.000) con el lombricompost en la zona agroecológica Mf, mientras que en la zona Me, la mejor respuesta (\$1'169.600) se produjo con la inoculación de Rhizobium ICA P8, los cuales superaron en 46 y 25% el ingreso neto parcial con relación al tratamiento químico.

El ICA Froilán reportó el mejor ingreso neto parcial (\$2'114.000) en la zona agroecológica Me mediante la inoculación con Rhizobium ICA P12, superando al químico en 56%, mientras que en la zona Mf la mejor respuesta (\$1'604.000) se

obtuvo con fertilización química. El frijol ICA Cerinza en la zona Fj, generó una respuesta económica a inoculación con cepa de *Rhizobium* ICA P12, similar a la obtenida con fertilización química (\$2'066.000).

La asociación micorrizas y lombricomposto reveló el mejor comportamiento en las variedades de frijol Bachué y C.ARS-59 en las zonas Fj y Fi, con ingresos netos de \$2'298.600 y \$1'260.200 que superaron, en su orden, en 88 y 5% al químico. En Santander, la variedad de frijol voluble cabrerano respondió a la inoculación con *Rhizobium* P12 y lombricompost, con un ingreso neto de \$2'550.600, en tanto que en el Norte de Santander, la mejor respuesta económica (\$4'453.700) se encontró con la doble inoculación *Rhizobium* P12 y micorrizas, los cuales mejoraron en 19 y 11% respectivamente el ingreso neto del testigo químico.

La aplicación de micorrizas y lombricomposto ejerció una buena influencia en el comportamiento del maíz ICA V-304 en las zonas agroecológicas Mf y Kv de Boyacá y Santander, con ingresos netos parciales de \$1'566.500 y \$1'095.600, que superaron en 48 y 4% a la fertilización química; por su parte, la sola aplicación de lombricomposto permitió una respuesta favorable (\$1'567.700) en la zona agroecológica Me, de Santander, con un ingreso que superó en 47% a la fertilización química.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEGARRA, J. 1994. Compostaje de desechos orgánicos y criterios de calidad del compost. Memorias del VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Bucaramanga. p. 22-30.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. 1995. Producción de Humus y Lombriz. Editorial Andina. Corpoica Regional 9. Manizales. 28 p.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. 2000. Producción y evaluación de agrobiológicos a partir de fuentes no convencionales para una agricultura de economía campesina en el Nororiente Colombiano. Informe Técnico PRONATTA. Corpoica, Centro de Investigación El Arsenal. Enciso. Santander. 90 p.

GÓMEZ, Z. JAIRO. 2000. Abonos orgánicos. Compostaje, substrato, acolchado, humus líquido, enmienda, lombricompostaje. Impresora Feriva S.A. Cali, Colombia. 107 p.

LUNA, G. L.; MORENO, M. J.; CORONADO, S. R.; ABRIL, C. H. y SANDOVAL, R. G. 2000. Uso de biopreparados microbianos, compost y nitrógeno mineral en recuperación de praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en bosque húmedo montano bajo. Corpoica, C. I. El Arsenal. Enciso, Colombia. 16 p.

MEJÍA C. JAIME. 1996. Reproducción de microorganismos a base de estiércol de equino. Segundo curso de capacitación. C.I. El Arsenal. Enciso (SS). 53 p.

MEJÍA, G. MARIO. 1995. Agricultura para la vida. Un enfoque desde sistemas populares colombianos. Impresora Feriva S.A. Cali, Colombia. 252 p.

PUBLICACIÓN CORPOICA

Edición:

Nidia Ramírez G.

Nº. de Ejemplares: 500

Diseño:

Fernando Rivero
Dpto. Creativo La Bastilla

Preprensa e Impresión:

Litografía La Bastilla

Segunda edición:
Bucaramanga 2002