



EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS

ACCIONES CLIMÁTICAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO



Agricultor: Álvaro Castro Gómez D.E.P.



DEDICATORIA

Este esfuerzo se lo dedico primero que todo a nuestro SEÑOR porque me ha dado el don de la vida, a la memoria de Álvaro Castro Gómez, un amigo, un compañero y un luchador incansable por una producción agrícola limpia y libre de sustancias tóxicas. Siempre tuvo las fuerzas para levantarse y proteger este santuario legado de nuestro SEÑOR y que sirve como nuestra casa.

No debo dejar por fuera a mi esposa Lorena y mis amadas hijas Francilena y Loreana, por su apoyo incondicional a mis ideas, a pesar de las vicisitudes que les ocasione.

Agradezco a la compañera Susana María Schweizer Lassaga por sus valiosos aportes y al compañero William Sánchez Ledezma, que cada vez que necesitaba una consulta, estuvo atento a mis preguntas y me dedicó tiempo en sus respuestas, las que facilitaron la escritura de aspecto relacionados con los pastos y leguminosas.

A Carlos Hidalgo Ardón, María Mesén Villalobos, Laura Ramírez Cartín, Juan Mora Montero y al amigo Elías de Melo V. Filho, por el tiempo que dedicaron a la revisión de este documento.

Este documento lo he desarrollado con información propia, la que me han compartido los productores y con recopilación bibliográfica.



EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS

ACCIONES CLIMÁTICAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO

Elaborado por:
Jorge E. Garro Alfaro

San José, Costa Rica. 2017.

631.417

C837s Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en
Tecnología Agropecuaria

El suelo y los abonos orgánicos / Jorge E. Garro Alfaro. --
San José, C.R. : INTA, 2016.

106 p.

ISBN 978-9968-586-26-9

1. SUELO. 2. ABONOS ORGANICOS. I. Garro Alfaro, Jorge E.
II. Título.

Autor:

Ing. Jorge Garro Alfaro, MSc.

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

Editado por:

Laura Ramírez Cartín

María Mesén Villalobos

Comité Editorial del INTA:

Alfredo Bolaños Herrera

Carlos Cordero Morales

Juan Mora Montero

Laura Ramírez Cartín

María Mesén Villalobos

Nevio Bonilla Morales

Revisores:

Laura Ramírez Cartín

Carlos Hidalgo Ardón

Juan Mora Montero

María Mesén Villalobos

Elías de Melo V. Filho

Diseño gráfico y diagramado: Handerson Bolívar Restrepo.

Impresión: Impresiones el Unicornio.

CONTENIDO

DEDICATORIA

EL SUELO	5
La bioestructura.....	5
El equipo agrícola y su uso	8
Manejo de suelos compactados	9
Preparación adecuada de los suelos.....	10
Labranza cero	12
El pH o la acidez del suelo	12
El encalado.....	12
La erosión.....	13
MICRO-MESOFAUNA Y EL SUELO	15
Micro-mesofauna y la nutrición de las plantas	15
Manejo de los microorganismos	16
Materia orgánica, microorganismos y la supresión de plagas.....	17
Relación entre plantas y microorganismos	17
LA NUTRICIÓN EN LA PRODUCCION ORGÁNICA.....	19
Abonos orgánicos	19
Materia orgánica para la elaboración de abonos.....	20
Estiércoles	20
Materia orgánica rica en carbono	22
Remanentes de podas anuales de cercas vivas, árboles de sombra y frutales	22
Cuidados en el uso de los remanentes orgánicos.....	22
Procesos y opciones en la producción de abonos orgánicos	23
Relación C/N.....	24
COMPOSTAJE	27
Principios básicos para el compostaje en montículo	28
Procedimiento para una buena mezcla.....	28
Ubicación, tamaño y forma del montículo	29
Manejo adecuado de la humedad	30
Fases del compostaje.....	31
Oxigenación o aireación	33
Compostaje de estiércoles con microorganismos.....	34
Limitantes	35
ABONO BOCASHI.....	36
Ventajas del bocashi	39
Desventajas del bocashi.....	39
VERMICOMPOST	40
Siembra y alimentación	41
Características del humus de lombriz	43

DOSIS DE ABONO ORGÁNICO	45
ABONOS VERDES Y COBERTURAS	46
HARINAS DE ROCA.....	48
CAPTURA DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA	49
Microorganismos de montaña.....	49
Uso de trampas para la captura de microorganismos de montaña.....	50
Trampas de bambú para la captura de los microorganismos de montaña.....	51
Ventajas del uso de los microorganismos.....	52
ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS	53
Te de lombricompost	54
Biofertilizantes.....	54
Levaduras.....	55
Lactobacillus	55
Abono líquido de frutas y hierbas.....	56
MICROORGANISMOS Y BIOFERMENTOS ELABORADOS POR MÉTODO AERÓBICO	61
Reproducción aeróbica de microorganismos de montaña usando semolina.....	61
Producción de biofermentos por método aeróbico.....	62
Biofermento-harina de rocas	65
BIOFERMENTOS Y MICROORGANISMOS ELABORADOS CON MÉTODO ANAERÓBICO.....	67
Elaboración de microorganismos de montaña.....	69
Producción de microorganismos (MM) en medio líquido.....	72
Pasto fermentado.....	74
Biofermento de fósforo	77
Biofermentos de potasio, magnesio, boro, orikta, manganeso y zinc	78
Biofermento de roca fosfórica más azufre	80
Preparados de biofermentos para responder a los suelos y a los cultivos	82
Preparado para el desarrollo de los cultivos.....	82
Preparado para engruese	84
En frutales como aguacate y otros	85
Biofermento Súper-Magro.....	87
Bioestimulantes	90
Uso y formas de aplicación de biofermentos y bioestimulantes	93
Ventajas de los abonos líquidos o biofermentos.....	93
TRANSICIÓN A LA AGRICULTURA ORGANICA	95
Rotación y asociación de cultivos.....	97
Tipos de rotación y asociación de cultivos	98
LITERATURA CITADA.....	99
ABREVIATURAS.....	106

EL SUELO

La agricultura orgánica o ecológica visualiza el suelo como un organismo vivo, rico en vida microbiana y mesofauna, el manejo de los cultivos se hace imitando los ciclos naturales que se dan en los bosques. Uno de estos, es el que se produce entre el suelo y las plantas. El suelo aporta nutrimentos y otros compuestos a las plantas y estas luego proporcionan la materia orgánica necesaria para mantener la vida, la fertilidad, y la estructura del suelo. Esto genera las condiciones biológicas, físicas y de aireación adecuadas, para el desarrollo radical y la nutrición de las plantas y a la vez facilita la germinación de las semillas de las nuevas generaciones (Kolmans *et al.* 1996).

La bioestructura

La estructura del suelo se forma con la participación activa de la vida microbiana y la mesofauna, las que junto a la materia orgánica de lenta degradación, forman los grumos que hacen al suelo suave y estable a la lluvia, favoreciendo la infiltración y no el escurrimiento, por lo que se le llama bioestructura. Esta condición es la más importante que el productor debe manejar y entender para conservar o recuperar el suelo y su productividad. La bioestructura está formada por la capa superficial, grumosa o esponjosa del suelo, la que se ubica entre los 0 y 20 cm de profundidad, la que permite la infiltración del agua. En las capas o perfiles inferiores se reduce la presencia de humus y materia orgánica con lo que disminuye la agregación, por lo que si este suelo se vuelve en la labranza y es expuesto, no permite la infiltración. Si esto ocurre el agua de lluvia lo deshace y lo lava, desencadenando la erosión y destrucción del suelo (Primavesi 1984).

Conservación de la bioestructura

La bioestructura, se conserva al suministrar al suelo abonos orgánicos, abonos verdes y materia orgánica, principalmente la de lenta degradación como la rica en celulosa y lignina. Además, protegiendo el suelo del impacto de la lluvia, de la insolación (exposición al sol) y de la desecación, mediante el uso de coberturas muertas (residuos de cosechas) o vivas, con especies gramíneas y leguminosas, de acuerdo a las condiciones de clima, entre estas la avena (*Avena sativa*) una gramínea adaptada a condiciones de altura y el frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) una leguminosa aclimatada a condiciones bajura. Otras prácticas que la conservan son una menor distancia de siembra, rotación y asociación de cultivos, cultivos intercalados con un cultivo protector, y nutrición óptima de los cultivos para facilitar el cierre o cobertura del suelo. Acorde a estas prácticas, los sistemas agroforestales y el frijol tapado son sistemas productivos que conservan la bioestructura y permiten incrementar la materia orgánica y el contenido de nutrientes del suelo (Primavesi 2003, Fassbender 2003, Derry *et al.* 2003, Kolmans *et al.* 1996, Kolmans 1995, Cabrera *et al.* 2011, Amador 1995, Tamayo *et al.* 1997) (Figuras 1 y 2).

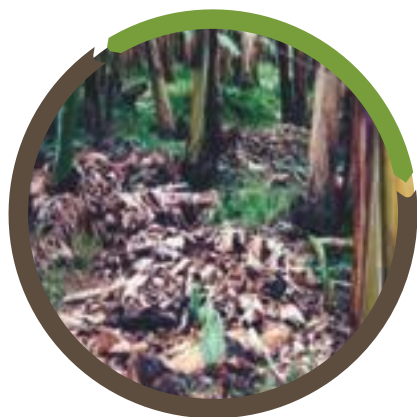


Figura 1. Materia orgánica incorporada a partir de los residuos del cultivo.



Figura 2. Suelo mostrando buena bioestructura y rico en materia orgánica.

Un suelo que pierde su bioestructura se compacta tanto en la superficie como en los perfiles inferiores. Una planta afectada por la compactación mostrará un escaso desarrollo, desviación de sus raíces y una baja presencia de raíces primarias y secundarias (Figuras 3 y 4). Estos síntomas indicarán una alta compactación y una alta densidad aparente, lo que muestra que éste suelo ha perdido su bioestructura (Primavesi 1984).

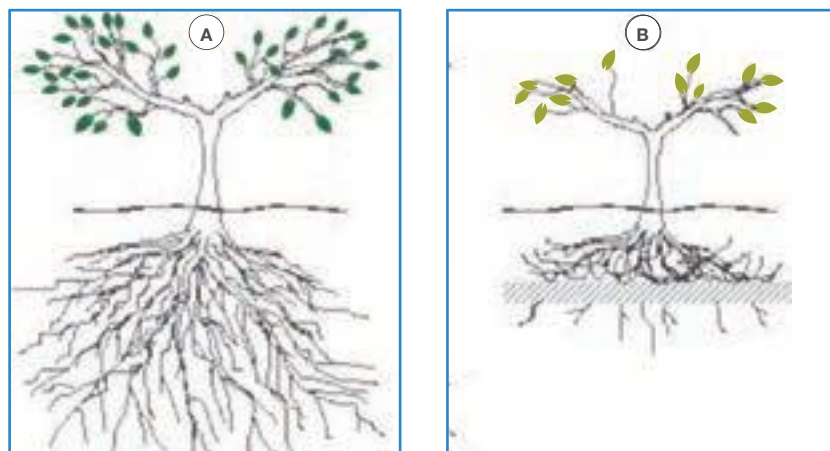


Figura 3. A. Crecimiento normal de la raíz en un perfil de un suelo con buena bioestructura. B. Planta con desviación de raíces, crecimiento deforme y escaso de la raíz en un perfil de suelo sin bioestructura y con una capa compactada.



Figura 4. Suelos sin bioestructura y compactados por la acción de maquinaria pesada y lluvia.

El equipo agrícola y su uso

El suelo para su protección se debe preparar de forma transversal a la pendiente y con un bajo contenido de humedad, no seco o bien con el suelo a capacidad de campo (condición de humedad una vez drenado todo el exceso de agua), nunca en condición de saturación de humedad, para evitar la formación de capas compactadas, como el llamado piso de arado. Los equipos pesados y/o arados profundos y pesados, e incluso el arado de discos, no se deben usar ya que puede dañar el suelo compactándolo y favoreciendo la erosión. Al respecto Mehuys *et al.* (2009) en las faldas del volcán Irazú, Costa Rica encontraron un potencial erosivo muy alto debido al uso del arado de discos el que puede mover el suelo hasta 7,6 m lo que lo hace un implemento muy erosivo, si es usado en forma inapropiada (Figura 5).



Figura 5. Arado de discos.

El manejo inadecuado del suelo incrementa la erosión y el agua de escorrentía, la que alcanza volúmenes que saturan los canales y zanjas de drenaje. El exceso que se genera provoca inundaciones, derrumbes, y erosión de suelos, lo que ocasiona pérdidas económicas, afectan la población y el agroecosistema, tal y como se observa en la Figura 6.



Figura 6. A, B, C, D. Erosión hídrica durante un aguacero en la región de Cartago, Costa Rica, causada por el mal manejo de los suelos. C. Tubérculos de papa arrastrado por la corriente hídrica, con el consiguiente riesgo de diseminación de plagas.

Manejo de suelos compactados

Los suelos compactados, no deben manejarse con el uso de un arado, lo que se debe hacer es recuperar el suelo grumoso, la vida microbiana y la mesofauna. Esto se logra incorporando materia orgánica como abonos orgánicos, rastrojos de cultivo y mediante el uso de coberturas vivas, combinando especies gramíneas y leguminosas, que aportan nutrientes y materia verde rica en celulosa y lignina. Lo que forma un sustrato activo para el desarrollo de la vida microbiana y de la mesofauna. Estas prácticas e incluyendo el uso de cero labranza, deberán acompañarse con el uso del subsolador a profundidades de entre 30 y 35 cm, y de otros equipos como el arado de cincel y el palín mecánico que rompen el suelo y no lo vuelven, por lo que no exponen las capas inferiores inestables a la acción erosiva del agua y sí rompen la capa compactada. El propósito del uso

de estos equipos es evitar que la capa grumosa que se haya formado o se esté formando pueda ser arrastrada por el agua, incrementando la erosión y destruyendo el proceso (Figuras 7 y 8) (Acuña 2002, Arrieché 2008, Camacaro *et al.* 2010, Primavesi 1984).

Preparación adecuada de los suelos

El productor para la preparación de suelos debe preferir hacer uso de equipos livianos, pequeños e incluso la tracción animal. Entre los implementos que puede utilizar están el subsolador, el arado de cincel y el palín mecánico, los cuales no vuelven el suelo, rompen el piso de arado, reducen la escorrentía, bajan la erosión, mejoran la infiltración, el drenaje, la distribución de humedad y el aprovechamiento del agua y de los nutrientes. Estas acciones que provocan en el suelo, favorecen un mejor desarrollo radical de los cultivos (Figuras 7, 8, 9 y 10). Al respecto, Villalobos *et al.* (2009). Encontraron al evaluar tres sistemas de labranza en la localidad de Llano Grande, Costa Rica, que el palín mecánico obtuvo la mayor infiltración, seguido por el arado de cincel, mostrando la labranza convencional compuesta por arado de discos y rastra afinadora la menor infiltración. Esto muestra que se cuenta con una alternativa tecnológica que ayuda a solventar la problemática del manejo del suelo que ocurre en diferentes regiones de nuestro país, aunado a un cambio de actitud de los productores (Mehuys *et al.* 2009).



Figura 7. A. Arado de Cincel. B. Subsolador, son de gran beneficio para la preparación del suelo, ya que no lo vuelven y por ello no afectan la bioestructura.



Figura 8. A. Surcador usando el tiro animal en la provincia de Cartago. B. Palín mecánico, ambos importantes en recuperación y preparación de suelos con mínimo daño al suelo y al ambiente.



Figura 9. A. Tiro animal usando bueyes. B. Surqueado para el cultivo de la papa mediante el uso de caballo, en la zona norte de Cartago.



Figura 10. A. Tractor liviano. B. Arado de palines o palín mecánico que no vuelve el suelo. INA, Cartago. 2002.

Labranza cero

Esta es una alternativa que el productor debe considerar, ya que es un método que no rompe ni remueve el suelo, por lo que permite conservarlo. Esta práctica se debe complementar con el uso del subsolador y con la aplicación periódica de materia orgánica, como abonos, rastrojos, cultivos de cobertura ricos en plantas que aporten lignina y celulosa, materiales de lenta degradación y precursores para la formación de humus. Este manejo combinado con la aplicación al suelo de minerales como calcio y fósforo en forma de cal y roca fosfórica, incrementan la actividad microbiana y favorece la conservación de la bioestructura (Primavesi 1984).

El pH o la acidez del suelo

Este es un factor que se debe tener en cuenta para el manejo del suelo, porque incide sobre la disponibilidad o la fijación de los nutrimentos e influye la actividad microbiana. Bertsch (1986) señala que un pH menor a 5,5 favorece la probabilidad de que existan problemas de acidez, ya que el aluminio se vuelve soluble y puede causar toxicidad a las plantas, dañando directamente el sistema radical. La vida microbiana no necesita un suelo neutro, es deseable manejar el pH entre 5,3 y 6,1 que es el rango al que se adaptan la mayor parte de los microorganismos. En general la vida microbiana en los suelos tropicales se desarrolla a pH = 5,6. La materia orgánica es otro factor a considerar dado el poder amortiguador del humus que reduce los riesgos de variaciones bruscas del pH, protegiendo la vida microbiana y la disponibilidad de algunos elementos minerales (Orozco *et al.* 2012, Labrador *et al.* 2002, Primavesi 1984).

El encalado

Es una práctica que debe usarse principalmente para el manejo de la acidez o pH del suelo, bajar el aluminio intercambiable y liberar nutrientes. Al respecto Bertsch (1986) anota que el encalado o adición de calcio, en forma principalmente de carbonato de calcio (CaCO_3) es el método más eficiente de eliminar o atenuar la acidez de un suelo. No obstante, se debe tener en cuenta que el encalado

incrementa la actividad microbiana, y con ello la degradación de la materia orgánica, por lo que esta práctica debe acompañarse con el uso de materia orgánica. El encalado también aumenta la presencia de Ca en el suelo, por lo que al encalar se deben tener claro las relaciones Ca/Mg, Ca/k, Mg/K, Ca+Mg/K, las cuales son importantes para tener un suelo equilibrado en estos tres elementos. En caso necesario se debe considerar agregar uno u otro elemento, de acuerdo al análisis de suelo, para mantener el balance nutricional.

La erosión

La erosión es acelerada por múltiples causas como la deforestación, la topografía accidentada, mal manejo del suelo y de su bioestructura. A pesar de que es un proceso natural, esta ocurre en forma más severa cuando el agua de lluvia supera la capacidad de infiltración del suelo, aumentando el escurrimiento, por tanto, el incremento de la erosión no es natural, y es un síntoma visible de suelos en decadencia. La erosión se produce y se vuelve incontrolable cuando el agua de escurrir arrastra la parte grumosa y partículas de suelo en enormes cantidades. Estas se depositan en depresiones, zanjas, o cuerpos de agua y por último pueden llegar a saturar embalses hidroeléctricos reduciendo su vida útil (Figura 6).

Medidas para manejar la erosión

- Uso de materia orgánica de lenta degradación para recuperar la bioestructura y aumentar la infiltración.
- Coberturas vivas incluso usando plantas competidoras o arvenses poco competitivas o toleradas por los cultivos.
- Preparación del suelo de forma transversal a la pendiente.
- Preparación de suelo con el uso de equipos livianos, que no vuelvan ni compacten el suelo.
- Uso de coberturas muertas.
- Menor espaciamiento entre cultivos.
- Cultivos protectores.
- Cultivos asociados.

Estas medidas de protección se deben acompañar con la capacitación respectiva para los productores, en técnicas de recuperación y conservación de suelo, tales como: construcción de terrazas, drenajes, canales de guardia, curvas de nivel, zanjas, acequias, barreras vivas, gavetas de sedimentación y el uso del codal. Estas medidas son complementarias a las prácticas para mejorar y conservar el suelo y su bioestructura (Rodríguez 1997).

MICRO-MESOFAUNA Y EL SUELO

En el suelo conviven millones de seres vivos indispensables para la fertilidad y la salud del suelo, estos son de múltiples tamaños, algunos son tan pequeños que para verlos se debe usar un microscopio, a estos se les denomina microorganismos. Se observan otros que no son tan pequeños, pero su tamaño es reducido, su identificación depende del uso de una lupa o un estereoscopio, Además, están los organismos de mayor tamaño como las lombrices, nematodos, cien pies e innumerables insectos, los que se denominan mesofauna o macrofauna (Primavesi 1984).

Micro-mesofauna y la nutrición de las plantas

El suelo funciona como un estómago, ya que se le agrega materia orgánica el alimento natural del suelo, el cual digiere y pone a disposición de las plantas como nutrimentos, proteínas, aminoácidos y vitaminas. El suelo para cumplir esta función debe poseer una flora microbiana y macrofauna activa, las cuales deben protegerse e incrementarse aportando materia orgánica. Esta se puede agregar como abonos orgánicos, remanentes de cultivos, o bien cualquier otro residuo orgánico. Estos deben ser preferiblemente ricos en materiales de lenta degradación como la lignina y la celulosa. Los que son formadores del sustrato adecuado para el desarrollo de la vida. El no uso de materia orgánica provocará una reducción de la vida del suelo y la pérdida de su bioestructura (Primavesi 1984).

El suelo con las condiciones óptimas de materia orgánica, vida microbiana y mesofauna (bacterias, hongos, actinomicetos, levadura, protozoarios, insectos y nematodos), degradará los remanentes orgánicos y estará en disposición de nutrir las plantas. Esto lo hace a través de la flora microbiana, que al ser organismos muy pequeños (unicelulares) al alimentarse, predigieren la materia orgánica fuera de su cuerpo. Una vez digeridas y disueltas las sustancias nutritivas, las absorben por la membrana celular, liberando a la solución del suelo metabolitos y gran cantidad de enzimas (moléculas que aceleran reacciones químicas o hacen

posible, aquellas que de otra manera no se producirían), tales como, ureasas, catalasas, invertasas y fosfatasas, las cuales incrementan el potencial enzimático del suelo, razón por la que un suelo no es más activo por la población de microorganismos, sino por la concentración de enzimas. Este potencial facilita la disponibilidad y la absorción de nutrientes para las plantas (Orozco *et al.* 2012, Durango 2014, Acuña *et al.* 2006, Kolmans *et al.* 1996, Nogales 2005, Primavesi 1984,).

Manejo de los microorganismos

El balance de la vida microbiana en el suelo es delicado, por lo que se debe proteger. Esto se logra creando las condiciones para establecer y/o mejorar los equilibrios naturales, a través de la formación o incremento del sustrato orgánico, así como al liberar y aumentar la diversidad microbiológica. Los múltiples factores que la afectan deben evitar o manejarse para minimizar los efectos negativos. Se debe reducir o eliminar el uso de sustancias tóxicas, la humedad excesiva, la sequía, la temperatura, la luz directa o la insolación, el disturbio frecuente de los suelos con arado de discos o bien aquellos que vuelvan el suelo. Asimismo evitar las deshierbas, las quemadas, la fertilización nitrogenada y la pérdida de la bioestructura del suelo.

La preparación del suelo debe ser cuidadosa, ya que la vida microbiana se ubica en los primeros 20 cm, por lo que se debe evitar el preparar el suelo con instrumentos de labranza que exponen las capas inferiores y entierran la capa superior (primeros 20 cm) rica en vida microbiana, que además favorecen la erosión y la pérdida de bioestructura. Es importante tener en cuenta que la vida microbiana requiere de suelos bien nutridos, principalmente con fósforo, calcio y molibdeno para tener una microflora activa, que degrade los componentes orgánicos y facilite la nutrición de las plantas (Primavesi 1984).

Materia orgánica, microorganismos y la supresión de plagas

Los suelos ricos en materia orgánica, con valores de entre 4 y 6 % o más, y los de bosque, abundantes en residuos orgánicos, con valores de entre 12 y 16 %, presentan una óptima bioestructura, por ello son fértiles y productivos. Estos suelos mantienen una activa flora microbiana rica en hongos, bacterias, actinomicetos y levaduras, entre los que se encuentran antagonistas como los hongos *Trichoderma* spp, *Gonatotryps* sp, actinomicetos como *Streptomyces* sp y bacterias como las de los géneros *Bacillus* sp y *Pseudomonas* sp, entre otros. Estos microorganismos establecen el equilibrio biológico y actúan como supresores de patógenos, tales como, *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp, *Pythium* sp, *Rhizoctonia* sp. En el suelo de la finca estos beneficios se pueden aprovechar al reproducir y liberar esta rica vida microbiana. La supresión la hacen estos microorganismos a través de la competencia directa, lisis (degradación celular del patógeno), antibiosis (producción de antibióticos) e hiperparasitismo (acción directa del antagonista sobre el patógeno), originando la ausencia de plagas y enfermedades, y la obtención de buenas cosechas (Artavia *et al.* 2010, Palti 1981 citado por Acuña *et al.* 2006, Altieri *et al.* 2004, Kolmans *et al.* 1996, Nogales 2005, Primavesi 1984).

Relación entre plantas y microorganismos

Las plantas se relacionan con los microorganismos de múltiples formas, tanto endógena (dentro de las plantas) como exógena (fuera de ellas), así existen relaciones con hongos benéficos, como las micorrizas que movilizan los nutrientes alrededor de sus raíces. Además, se encuentran relaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno, que se da principalmente con leguminosas, las que se asocian con organismos tales como *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Bacillus*, *Pseudomonaceas*, *Spyrillum*, *Rhodotorula*, algas cianofíceas, entre otros. En la rizosfera, o zona radical de la planta, viven múltiples microorganismos, entre ellos bacterias, hongos y actinomicetos, que aprovechan las excreciones radiculares de las plantas, que incluyen aminoácidos, azúcares, hormonas, vitaminas y gran cantidad de ácidos orgánicos. Estos les sirven como fuente de energía y a cambio, producen sustancias nutritivas como enzimas, aminoácidos

y proteínas que las plantas absorben directamente. En forma adicional, defienden el espacio de la raíz con antibióticos y sustancias fúngicas, que suprimen a los organismos patógenos. Esta relación será más beneficiosa en el tanto la planta esté bien nutrida, ya que producirá cantidades óptimas y variadas de secreciones radiculares. Esto hará más intensa la flora microbiana en la zona de la raíz y la planta obtendrá una nutrición adecuada y mayor supresión de fitopatógenos (Castro *et al.* 2011, Pérez *et al.* 2012, Primavesi 1984).

LA NUTRICIÓN EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA

El abonamiento no debe ser efectuado con recomendaciones generales o paquetes tecnológicos, sino considerando cada finca o parcela en forma independiente. Esto hace indispensable los análisis químicos, físicos, y biológicos de los suelos, para los programas de abonamiento, así como para identificar las principales deficiencias de fertilidad. En la agricultura orgánica, se responde a las necesidades del suelo mediante el uso de abonos orgánicos con opciones de origen natural, como la roca fosfórica, harina de rocas, cal dolomita, orykta (abono natural extraído de minas rico en dióxido silicio 59 % y 22 minerales más), bórax (tetraborato de sodio, extraído en forma natural de depósitos de evaporita), Kmag (abono natural extraído de minas y contiene 22 % K_2O , 18 % MgO , 22 % S), sulfato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio, sulfato de Zn, sulfato de cobre, sulfato de manganeso, y fuentes de origen animal como la harina de pescado o de hueso, cáscaras de huevos, entre otras. Estas alternativas permiten solventar deficiencias de fertilidad de cada suelo o bien en función de las necesidades del cultivo, todo esto sin dejar de considerar siempre la vida microbiana, la que es muy importante en el aprovechamiento óptimo de los abonos.

Abonos orgánicos

Los abonos que se usen deben cumplir con las regulaciones dadas por las normas internacionales y/o nacionales de certificación, o bien de la certificadora en particular que se utilice. Los estiércoles, no todos pueden usarse en la agricultura orgánica al respecto la regulación europea (Reglamento (CEE) no 2092/91) señala que el estiércol procedente de la ganadería intensiva no está permitido. Así mismo señala que no se permite el uso de virutas de madera o aserrín procedente de madera tratada químicamente después de la tala. IHSS (2016) define los procesos de extracción de los ácidos húmicos solo con hidróxido de potasio o de sodio (KOH o NaOH), en áreas con problemas de salinidad la mejor opción es el hidróxido de potasio. Existen materias primas que por su origen natural se permiten en la agricultura orgánica, entre estas se encuentra una enmienda como

el carbonato de calcio y enriquecedores del suelo como la roca fosfórica y la orikta (OMRI 2015, OCIA 2013).

Materia orgánica para la elaboración de abonos

La materia orgánica es toda sustancia de origen vegetal o animal que se encuentra en el suelo, cuando proviene de plantas estará conformada por hojas, troncos y raíces, o bien al originarse de animales e incluso microorganismos, por lo que estará formada por cuerpos muertos y sus excretas. Es importante entender que la materia orgánica no solo aporta nutrientes, sino que el humus, producto final de la degradación y capaz de mejorar la estructura y fertilidad del suelo, solo se produce a partir de materiales ricos en carbono y de lenta degradación, no se origina a partir de los estiércoles y leguminosas, materias que principalmente actúan como abono en el corto plazo (Primavesi 1984).

En la producción orgánica es deseable que la mayor parte de estas materias primas provengan de la finca para promover la sostenibilidad de los sistemas de producción, y que en caso de requerir de fuentes externas, que estas sean las menos posibles y libres de contaminantes.

Estiércoles

Estos dependiendo de su procedencia, poseen diversos nutrientes y por lo general tienen altos contenidos de nitrógeno, entre ellos se encuentran los producidos por la ganadería, la avicultura, la porcicultura, cunicultura, capricultura y la ovicultura (boñiga, gallinaza, cerdaza, ovejaza, conejaza y cabraza) entre otros.

Estos variarán con la especie animal, manejo y si procede de ganado estabulado o bien si se recoge en el campo o proviene solo de los momentos en que los animales permanecen en los corrales o la lechería. En los sistemas de producción que se dé el uso de una cama (superficie sobre la que se desplazan los animales)

con un material como granza, burucha, pasto picado o aserrín, esto influirá sobre la calidad del residuo.

Estiércoles en función de su manejo:

La gallinaza de piso: está formada por los remanentes sólidos de la producción de gallina ponedora, esta será una mezcla de cuita, plumas, residuos de alimentos, huevos rotos, u otro desecho de las aves, mezclado con el material usado como cama, el que puede ser aserrín, viruta, o bien otro material absorbente. Esto es una mezcla que permanece en el gallinero o galpón durante un año aproximadamente, al final del cual se extrae y se somete a un proceso de secado.

La pollinaza: son remanentes sólidos de la producción de pollo de engorde, está compuesta de cuitas, plumas, residuos de alimento y de un material absorbente que por lo general es viruta de madera o bien granza de arroz, en este tipo de explotación el animal por lo general dura menos tiempo en el galerón, el cual ronda los 6 meses, por lo que podría tener un menor contenido de cuita, y mayor de burucha o bien del componente rico en carbono que se use para el piso.

La gallinaza de jaula: resulta de cuitas, plumas, residuos de alimento y huevos quebrados. Este tipo de residuo tiene un alto contenido de humedad y de nitrógeno, el que se volatiliza con facilidad creando malos y fuertes olores. Lo ideal es que estos subproductos sean sometidos a un proceso de secado, lo que facilita su manejo y su calidad, ya que en el proceso de deshidratación se da una fermentación aeróbica que genera un nitrógeno orgánico más estable.

Purines: Se obtiene de la mezcla de excrementos sólidos y líquidos del ganado, diluido en las aguas de limpieza de los establos. La composición final depende del tipo de animal, de la dilución de orines y heces, del tiempo y tipo de fermentación cuando proceda. Por su contenido en sales potásicas, el purín es considerado como un abono rico en nitrógeno y potasio.

Materia orgánica rica en carbono

Los materiales de lenta degradación ricos en lignina y celulosa (carbono) se encuentran en los residuos de podas, burucha de madera, hojarasca, rastrojos de cosecha o subproductos industriales entre estos granza de arroz, broza de café, pulpa de cítricos, bagazo de caña de azúcar, cenizas del bagazo, pinzotes de palma africana, follaje y cáscaras de piña, banano, naranja, guanábana entre otras.

Remanentes de podas anuales de cercas vivas, árboles de sombra y frutales

Estos son factibles procesarlos y desmenuzarlos con máquinas tronzadoras o trituradoras, los cuales una vez preparados son una alternativa para utilizarlos en el compostaje, mezclados con estiércoles animales y microorganismos efectivos.

Cuidados en el uso de los remanentes orgánicos

Los remanentes o residuos orgánicos que procedan de explotaciones convencionales deben evitarse porque pueden contener residuos de pesticidas o de antibióticos y afectar la vida en el suelo.

El compostaje de la materia orgánica, sea de estiércoles o residuos de plantas, es indispensable, para evitar múltiples daños como pueden ser altas concentraciones de nitratos en productos vegetales de hoja, rábanos y remolachas y el incremento de sales en el suelo. Además para evitar la contaminación de las capas freáticas y mantos acuíferos con nitratos. Este proceso se debe realizar para alcanzar en la fermentación temperaturas de alrededor de 65 °C por al menos 4 a 5 días, y así evitar presencia de plagas insectiles, fitopatógenos y patógenos humanos.

Los estiércoles se deben usar solo cuando han sido composteados para evitar daños en la salud humana, además estabilizarlos para prevenir la quema de los

cultivos y el daño sobre la vida microbiana, que sí puede ocurrir cuando se usan crudos, porque se calientan o liberan sustancias acidificantes y tóxicas.

El mayor riesgo de contaminación con patógenos humanos se da en el caso de cultivos de raíces y hojas, como rábanos, zanahorias, u hortalizas como la lechuga y el repollo, entre otros, ya que la parte comestible está en contacto con el suelo, con el riesgo adicional de que se consumen crudos en ensaladas.

Los riesgos existentes para el uso de materias orgánicas, hacen indispensable para el productor el ser muy cuidadoso al elaborar sus abonos, y en caso de que los compre exigir que los productos cumplan con las normas de calidad para evitar pérdidas o contaminación de cultivos o personas.

Procesos y opciones en la producción de abonos orgánicos

El compostaje es una técnica, con la cual se da la transformación aeróbica de sustancias orgánicas, para producir el compost. El lombricompost o vermicompost es otro proceso para elaborar abono, con el empleo de la acción combinada de las lombrices y de microorganismos. El bocashi es un abono medianamente descompuesto, el que se elabora utilizando una fermentación acelerada.

Los abonos orgánicos líquidos son otra opción usada en la producción orgánica. Estos se elaboran a partir de diversas fuentes, entre estas se encuentran los abonos líquidos de frutas, hechos a partir de frutas y hierbas. Los bioestimulantes hechos a partir de hierbas. Los de compost o lombricompost, elaborados por fermentación en melaza. Los lactobacillus elaborados a partir de arroz, leche, suero y melaza. Los biofermentos elaborados con boñiga o pasto fermentado más sales minerales, y por último, los llamados biofertilizantes elaborados a partir de microorganismos de distinto tipo, como es el caso del azotobacter y de las micorrizas. Estos productos se utilizan en aplicaciones foliares y dirigidas al suelo.

Relación C/N

El carbono y el nitrógeno, junto al hidrógeno y al oxígeno, son los elementos principales en la composición de las plantas, el contenido de fósforo y otros nutrientes es menor. El más importante es el nitrógeno, y si hay suficiente disponible en la materia orgánica, es indicativo de que están presentes todos los otros elementos. El carbono se encuentra en la celulosa, lignina y carbohidratos, estas sustancias o moléculas, abundan en materiales tales como el aserrín, virutas de madera, la granza de arroz, la paja, en las ramas leñosas. El nitrógeno se encuentra en plantas jóvenes, en las hierbas, en las leguminosas como el frijol (*Phaseolus vulgaris*), la mucuna (*Mucuna pruriens*) y el poró (*Erythrina* sp), y en los estiércoles animales. La relación C/N varía de acuerdo al contenido de carbono (fibras) y nitrógeno (estiércoles y leguminosas), además, en el caso de los estiércoles el nitrógeno variará con la cantidad de cama y del tipo de material (aserrín, burucha, granza o pasto picado) que se utilice (Labrador *et al.* 2002).

La relación C/N es un indicador para iniciar el compostaje, así como para determinar la madurez del compost, ya que el valor de esta relación descende mientras el compost madura, por ejemplo sin un compostaje se inicia con una relación C/N de 35, conforme se avanza en el proceso, esta baja y debe llegar al final a una relación C/N de entre 10 y 15. Una baja relación C/N alrededor de 10 indica, un mayor contenido de nitrógeno, y lo contrario una alta relación C/N 20 a 25, una mayor presencia de carbono.

El compostaje para que sea adecuado se debe mezclar materiales ricos en carbono, con aquellos altos en nitrógeno (estiércoles y leguminosas), para alcanzar una relación C/N entre ambos materiales, de entre 25 y 35. Esto asegura una fermentación correcta, y la obtención de un producto final con la madurez óptima y con una relación C/N de entre 10 y 15. Un ejemplo es la mezcla de rastrojo de maíz seco con una relación C/N 112/1 (alto en carbono) con un estiércol rico en nitrógeno, como la gallinaza de jaula con una relación de C/N de 7/1. Esta se puede realizar en una proporción de 2:1, esto es dos de rastrojo de maíz, por uno de gallinaza de jaula, de esta forma se balancea la mezcla para el compostaje. Una relación C/N = 20 o superior en el producto final, indica que es un compost que no ha alcanzado su madurez y que liberará el nitrógeno más lentamente, y que tiene un mayor contenido de carbono (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido promedio de N, P, K, C, MO y relación carbono nitrógeno en materias primas para la elaboración de abonos orgánicos.

Materiales	MO %	C %	N %	C/N	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
Arroz (granza)	54,55	30,42	0,78	39/1	0,58	0,49
Arroz (paja)	54,34	30,42	0,78	39/1	0,58	0,41
Aserrín verde	30,68	16,32	0,96	17/1	0,08	0,19
Banano (hojas)	88,89	49,02	2,58	19/1	0,19	NE
Banano (tallos)	85,28	46,97	0,77	61/1	0,15	7,36
Cacao (cápsulas)	91,10	51,84	3,24	16/1	1,45	3,74
Café (broza)	71,44	30,04	0,86	53/1	0,17	2,07
Café (cascarilla)	88,68	51,73	0,62	83/1	0,26	1,96
Café (semillas)	92,83	52,32	3,27	16/1	0,39	1,69
<i>Canavalia ensiformis</i>	88,54	48,45	2,55	19/1	0,50	2,041
Caña (bagazo)	96,14	39,59	1,07	37/1	0,25	0,94
<i>Crotalaria juncea</i>	91,42	50,70	1,95	26/1	0,40	1,81
Estiércol cerdaza	53,10	29,50	1,86	16/1	1,06	2,23
Estiércol de bovinos	96,19	53,44	1,67	32/1	0,68	2,11
Estiércol de ovinos	82,94	46,08	1,44	32/1	0,74	1,65
Frijol (paja)	94,68	52,16	1,63	32/1	0,29	1,94
Gallinaza (pollinaza)	44,00	25,00	2,40	10/1	4,70	2,10
Gallinaza de jaula	34,10	19,80	3,20	7/1	7,30	1,90
Gallinaza de piso	42,10	24,40	2,02	12/1	3,60	0,89
Gandul (paja)	55,90	52,49	1,81	29/1	0,59	1,14
Gandul (semillas)	96,72	54,60	3,64	15/1	0,82	1,89
Helecho macho	95,90	53,41	0,49	109/1	0,04	0,19
Maíz (olotes)	45,20	52,52	0,52	101/1	0,19	0,90
Maíz (rastroyo)	96,75	53,76	0,48	112/1	0,38	1,64
Mucuna (ramas)	90,68	49,28	2,24	22/1	0,58	2,79
Naranja (bagazo)	22,58	12,78	0,71	18/1	0,12	0,41
Pasto guinea	93,13	49,17	1,49	33/1	0,34	Ne
Pasto jaragua	92,38	50,56	0,79	64/1	0,27	Ne

Materiales	MO %	C %	N %	C/N	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
Pasto paspalum	91,60	47,97	1,17	41/1	0,51	Ne
Piña (fibras)	71,41	39,60	0,90	44/1	Ne	0,46
Residuos ramio	60,64	35,26	3,20	11/1	3,68	4,02
Yuca (cáscaras)	96,07	53,50	0,50	107/1	0,26	1,27
Yuca (raíces)	58,94	32,64	0,34	96/1	0,30	0,44
Yuca (ramas y hojas)	91,64	52,20	4,35	12/1	0,72	Ne
Yuca (ramas)	95,26	52,40	1,31	40/1	0,35	Ne

Ne: no encontrado.

Fuente: Paschoal 1994.

COMPOSTAJE

El compostaje es la descomposición microbiana de una mezcla de materias orgánicas ricas en carbono con otras ricas en nitrógeno. Se debe tener claro que los microorganismos (hongos, bacterias, levaduras, *Lactobacillus*) responsables de las transformaciones bioquímicas son aeróbicos, por lo tanto, la aireación constituye un factor crítico, y el tiempo en la producción de compost variará dependiendo de la aireación o movimiento del montículo. A mayor movimiento, se oxigena la mezcla y el tiempo se acortará, por el contrario, si no movemos el montículo no se oxigena en forma apropiada y el tiempo que se necesitará para obtener el compost será mayor. El compostaje es una opción para procesar los remanentes orgánicos. Este proceso aeróbico, no debe atraer moscas, insectos, roedores ni generar olores desagradables, por lo que el control de la humedad debe ser constante durante el proceso, independiente de si es a largo o a corto plazo. Mediante el compostaje, se desinfecta y estabiliza el residuo, con lo que el producto resultante es inocuo para el ambiente. Al ser un producto natural, tiene una composición homogénea, su pH debe ser, de neutro a ligeramente básico. El compost es el producto final del compostaje. Debido al contenido del humus y de millones de microorganismos, así como otras propiedades como su capacidad de retener el agua y aporte nutricional, es más valioso para el suelo que los estiércoles u otros residuos orgánicos. Estos abonos son fuente no solo de nutrientes, sino que aportan otras sustancias que estimulan el crecimiento, tales como: el ácido indol-3-acético y los ácidos húmicos, entre otros (Hernández *et al.* 2008, Altieri 2004; Segura *et al.* 2001).

Los métodos para elaborar compost varían principalmente con la frecuencia de volteos y de las materias primas. Un estudio reciente demostró que para compostar la broza de café, el mejor método fue el movimiento combinado compuesto por un volteo cada día en la primer semana, 6 volteos en la segunda semana, 5 volteos en la tercera semana, 4 volteos en la cuarta semana, 2 volteos en 5 y 6 semana, resultando en un compost de excelente calidad (Fuentes 2003).

Principios básicos para el compostaje en montículo

- Mezcla correcta
- Ubicación, tamaño y forma del montículo
- Aireación
- Manejo adecuado de la humedad

Procedimiento para una buena mezcla

Los materiales empleados deben mezclarse muy bien y el tamaño de los trozos debe ser de entre uno y cinco centímetros. Un grosor apropiado facilita el proceso de compostaje, principalmente cuando son de origen leñoso. En la mezcla es importante obtener un equilibrio entre materiales finos y gruesos, para que se dé una aireación adecuada. Un exceso de elementos gruesos en la mezcla puede incrementar la aireación y detener la fermentación. Materiales demasiado finos pueden crear condiciones anaeróbicas y provocar putrefacción por la falta de aireación. La mezcla de componentes debe estar equilibrada en carbono y nitrógeno (Relación C/N alrededor de 30). Una buena combinación podría tener una parte de materiales ricos en nitrógeno (estiércoles, leguminosas y otros) por cada dos partes de materiales ricos en carbono (aserrín, viruta y astillas de madera, pergamino de café, granza de arroz, bagazo de caña). El productor al preparar la mezcla debe tener en cuenta que los microorganismos requieren aproximadamente 25 veces más carbono que nitrógeno. Además de que éstos son los responsables del proceso de fermentación, por lo que siempre se deben inocular o agregar, para asegurarse óptimas poblaciones microbianas. Este objetivo se puede lograr reproduciendo la vida microbiana de montaña en semolina, para luego elaborar microorganismos líquidos o bien, usando como inóculo un compost maduro o abono como bocashi, rico en microorganismos. La flora microbiana necesitará en el inicio del compostaje una fuente de carbono de rápida asimilación, para lo cual se deben usar productos como la melaza, jugo de caña o cualquier otro azúcar, los que se deben agregar al realizar la mezcla (Blanco *et al.* 2008, Sepúlveda *et al.* 2013).

Los materiales orgánicos que se van a compostar, si son varios, se colocan en capas, comenzando con los materiales más gruesos como ramas desmenuzadas, alternándose con los más finos, en este momento también se agrega el inoculo, si se va a usar compost maduro o bocashi, la cantidad de estos variará con la proporción de compost que se esté haciendo. Al ir distribuyendo las capas, se van humedeciendo los materiales con la melaza disuelta en agua, así como con las soluciones de microorganismos. La cantidad a utilizar variará de acuerdo a la humedad de la mezcla, la que se debe controlar con el método del puño (este se explica adelante) u otro como un termómetro de espiga. Si es necesario, se debe agregar agua para alcanzar la humedad óptima. También, se pueden agregar para mejorar el valor nutricional y la actividad microbiana del compost, fosfatos naturales como roca fosfórica, harinas de rocas o una enmienda como cal.

Ubicación, tamaño y forma del montículo

Es deseable seleccionar un sitio protegido del viento y bajo techo, este puede ser metálico, plástico o una capa de paja u otro material similar (Figura 11). Es conveniente, pero no indispensable, que el terreno elegido tenga una leve pendiente, y si es necesario puede hacerse un drenaje. La forma como distribuya la mezcla deberá ir acorde con el espacio con que se cuente, si es pequeño puede ser en forma de “volcán”, y si se cuenta con mayor área, el montículo se puede distribuir en forma de cordón, este tendrá una sección triangular, su altura puede ser de aproximadamente 1,5 m y el ancho de la base menor o igual a la altura y su longitud es variable, por lo general dependiendo del espacio con que se cuente. El manejo se hará de acuerdo a la capacidad y necesidad del productor. Si se requiere disponibilidad del abono en el corto plazo, se deberá manejar con volteos frecuentes y si se dispone de tiempo, los volteos podrán ser más espaciados. El uso de tubos que funcionen como chimeneas es otro método que se pueden usar para airear el montículo, algo semejante se puede hacer con el montículo con forma de “volcán” colocando tubos verticales perforados e incluso puede ser bambú perforado, no obstante estas alternativas con llevan mayor tiempo en el proceso (Cogger *et al.* 2001).



Figura 11. Estructura de bajo costo empleada por un productor para la elaboración de abono orgánico.

Manejo adecuado de la humedad

Es uno de los factores más importantes a considerar en el manejo del compostaje, porque el agua es esencial para la vida microbiana, pero se debe ser cuidadoso y conocer cuánta humedad traen los materiales que se van a compostar, para que al preparar la mezcla, se agregue solo la necesaria para el proceso. Si la humedad en la mezcla es baja al inicio, los microorganismos no se desarrollan; si es alta, la humedad desplaza el aire y satura de agua los espacios, creando condiciones anaeróbicas, y con ello pudrición, malos olores, gusaneras y pérdidas de elementos como el nitrógeno. Las condiciones adecuadas de humedad durante el proceso deben variar entre un 40 y 60 %, sin embargo a pesar de que se inicie con la humedad óptima, se puede perder agua por evaporación; si es alta, será necesario agregar agua. Los volteos que se efectúen dependerán de cuánto deseamos agilizar el proceso de fermentación, si es acelerado, los volteos deben ser frecuentes y si es lento los volteos serán espaciados con un mayor tiempo entre ellos. Estas labores y cuidados se deben hacer para evitar pérdidas de nutrientes como nitrógeno y fermentaciones inadecuadas, que den lugar a múltiples sustancias tóxicas y malolientes, dentro de las que destacan el amoníaco, el metano, hidrógeno sulfurado, sulfuro de carbono y otros derivados del azufre. El producto final debe tener buen olor y una humedad óptima que permita la vida, la manipulación, así como su uso como abono y acondicionador de suelo (Blanco *et al.* 2008, Soto 2003, Sepúlveda *et al.* 2013).

Fases del compostaje

En la primera etapa, llamada de consolidación, los materiales en el montículo están a temperatura ambiente y los microorganismos mesofílicos, entre los que se encuentran bacterias, levaduras, hongos y actinomicetos (cuya temperatura óptima oscila entre 15 y 35 °C), así como insectos, gusanos, ácaros entre otros, comienzan a multiplicarse y a descomponer los compuestos más simples, como azúcares, almidones y grasas, conforme se oxigena y la actividad microbiana se activa, se inicia el compostaje y se producen ácidos orgánicos y baja el pH. Los procesos biológicos comienzan a producir energía, de la cual, parte es liberada como calor, lo que se percibe como un aumento de la temperatura. Esta debe controlarse con un termómetro o bien con la prueba del machete. Si se cometieron errores al inicio del compostaje, como exceso de humedad, trozos de materia orgánica mayor al recomendado y la relación C/N no fue la adecuada. Se dan las condiciones para la aparición de gusaneras, moscas y malos olores, pérdida de nutrimentos en especial nitrógeno como amoníaco. Este problema se deberá manejar con volteos más seguidos, agregando un remanente seco que compense el exceso de humedad y regulando la relación C/N (Figuras 12 y 13) (Sepúlveda *et al.* 2013).

En la segunda etapa, llamada activa, la que incluye dos periodos: uno en el cual los materiales en compostaje se continúan calentando, llamado termofílico y el otro cuando los materiales comienzan a bajar la temperatura llamado de enfriamiento. En el primer periodo la temperatura sube y al alcanzar los 40 °C, los microorganismos termófilos (microorganismos que sobreviven a temperaturas entre los 37 °C y los 60 °C) actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, y el pH del medio se hace alcalino. Las temperaturas continúan subiendo hasta alcanzar los 60 °C y se mantienen o aparecen cepas de bacterias que forman esporas y actinomicetos termotolerantes, microorganismos encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas. Estas sustancias comienzan a ser consumidas, y conforme se agotan, se reduce la actividad microbiana y la temperatura comienza a descender por debajo de 60 °C. A partir de este momento reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente. El manejo de estas temperaturas iguales a 60 °C

o más, por varios días, es importante, porque permite eliminar las semillas de arvenses nocivas, así como patógenos humanos (*Escherichia coli*, *Salmonella* sp, *Clostridium* sp) y fitopatógenos (Figuras 12 y 13) (Soto 2003, Blanco *et al.* 2008, Sepúlveda *et al.* 2013).

La tercera etapa, llamada de maduración, requiere entre dos a más meses a temperatura ambiente, dependiendo de la frecuencia de volteos. En esta se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus. Esta fase es importante porque brinda las características óptimas al compost. El no cumplir en forma apropiada con este periodo afecta su desarrollo y puede provocar fitotoxicidad sobre los cultivos, así como malos olores (Figuras 12, 13 y 14).



Figura. 12. El proceso de compostaje.

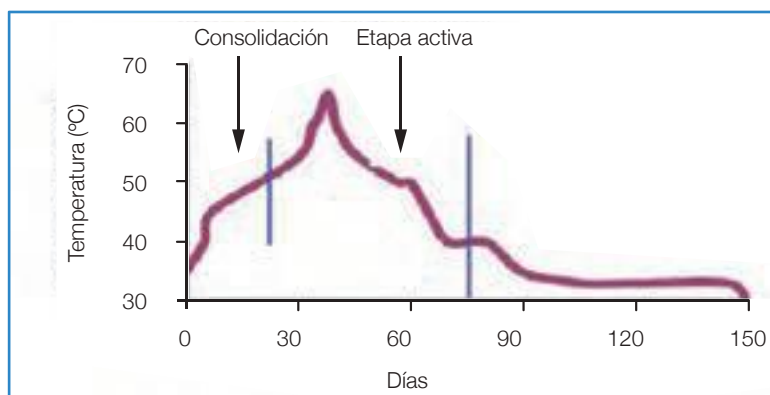


Figura. 13. Etapas del compostaje en función de los cambios de temperatura.

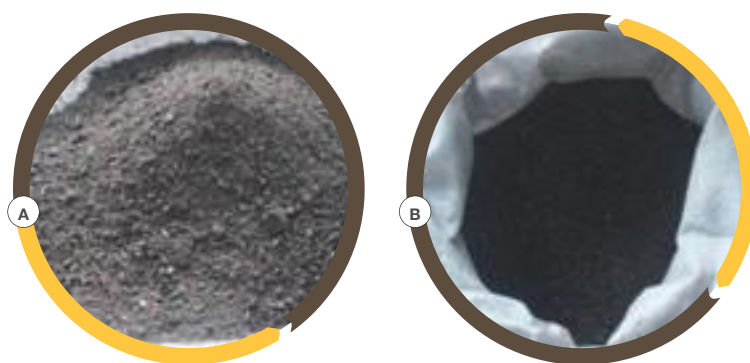


Figura 14. Apariencia final de un compost terminado.

Oxigenación o aireación

Este es un componente fundamental en el compostaje, ya que los microorganismos necesitan disponer de este elemento en forma óptima, para la elaboración del compost. Las necesidades de oxígeno durante el proceso están en relación directa con la actividad microbiana, por lo que la aireación debe incrementarse cuando la temperatura aumenta. Las mayores necesidades de oxígeno se generan cuando la temperatura varía entre 28 y 55°C. Los volteos también deberán ser regulados, no solo en función de la necesidad de aireación, sino de los requerimientos sanitarios que se tengan de eliminar patógenos vegetales o humanos (*Escherichia coli*, *Salmonella sp*, *Clostridium sp*) de la mezcla. Se debe tener en cuenta que para eliminar estos organismos, se necesita someter el montón a temperaturas de al menos 60°C por cinco días (Soto 2003, Sepúlveda *et al.* 2013).

Un método adicional para incrementar la aireación es reducir o disminuir el tamaño de los montículos, sin embargo, esto tiene el riesgo de que no se alcancen las temperaturas necesarias para la eliminación de patógenos vegetales y humanos. Las cantidades a compostear varían con las necesidades de cada finca o si es una explotación comercial. La aireación se puede hacer manual o en forma mecánica cuando se requiere manejar volúmenes de hasta 4 toneladas por día e incluso más. Las fincas hacen esta labor normalmente en forma manual usando palas anchas con o sin filo.

Compostaje de estiércoles con microorganismos

Este método consiste en mezclar los estiércoles con materiales secos, ricos en lignina y celulosa tales como granza de arroz, burucha, aserrín, pulpa de naranja, cáscaras de banano, carambola y guanábana, entre otros. Se elabora considerando siempre, cuanta humedad traen los materiales que se usen, si es necesario, se debe agregar agua de tal manera que la humedad de la mezcla alcance como máximo un 50 %. Los microorganismos para el proceso se obtienen a partir de fermentar semolina con microorganismos de montaña por vía aeróbica o anaeróbica o bien, se puede utilizar como inóculo uno o más sacos de bocashi dependiendo de la cantidad a procesar. En los casos que se requiera humedecer la mezcla, se puede diluir la melaza en la solución de microorganismos fermentados y se aplica sobre cada una de las capas al momento de preparar el compost.

La distribución de los productos se hace colocando en forma alterna capas del estiércol rico en nitrógeno y del remanente vegetal rico en carbono, iniciando siempre con el material más grueso, hasta una altura de entre 60 y 75 cm. Una vez distribuidos los componentes y agregado el inóculo de microorganismos, se procede a realizar la mezcla, hasta alcanzar la mayor homogeneidad posible. La mezcla terminada se distribuye en montículo y se tapa con un cobertor, el cual puede ser hecho con sacos, o bien con plástico, para que, en aproximadamente 48 horas, se alcancen temperaturas de entre 60 y 65 °C.

Después de 8 días, se procede a voltear el material, la frecuencia de volteos dependerá de las necesidades y disponibilidad del productor, conforme se avanza en el tiempo en el proceso de compostaje, la altura del montículo se comienza a bajar en forma paulatina hasta que alcance o iguale la temperatura ambiente. Una vez frío se puede usar. La preparación de almácigo con este abono no es recomendable, especialmente si está fresco. Este método es una opción para procesar los estiércoles de las granjas avícolas y permite reducir o eliminar los riesgos de que los remanentes estén contaminados con fitopatógenos y patógenos humanos. Siempre y cuando se cumpla con los procesos y cuidados indicados (Figura 15).



Figura 15. Gallinaza de jaula en compostaje con aserrín y con microorganismos a la intemperie tapada con un plástico.

Limitantes

El proceso dura de dos a cuatro meses y requiere mucha mano de obra para realizar la mezcla y los volteos. En las primeras etapas, pueden producirse malos olores si se cometen errores, en las proporciones (relación C/N) y en la humedad. El aporte de nutrimentos depende del material que se use para el compostaje y de las condiciones que se mantengan durante el proceso. Además se requieren grandes cantidades, por lo que generan un alto costo de transporte, principalmente si se adquieren fuera de la finca.

ABONO BOCASHI

Este es un término japonés introducido por voluntarios de la organización JICA. Este significa fermento o fermentado, su elaboración no es una receta y se puede adecuar a las materias primas que se dispongan en las fincas. Los agricultores por esta razón han continuado usando el método, pero sustituyendo los materiales de la propuesta original. En la actualidad lo fabrican con remanentes propios de sus sistemas productivos y de los alrededores, de menor costo y más accesibles, tales como ramas de árboles picadas, hojas de arbustos, pasto picado, cascarilla de café, aserrín, burucha, estiércol de cerdo, gallina o ganado vacuno, cenizas de bagazo y melaza, entre otros. La propuesta inicial está compuesta por tres sacos de gallinaza, tres sacos de granza, tres sacos de tierra del subsuelo, tres sacos de carbón molido, un saco de semolina de arroz o salvado, un saco de bocashi como inóculo, y cuatro litros de melaza (Sasaki *et al.* 1994; Rodríguez *et al.* 1994).

Los materiales que se usan, aportan diversas características al abono. La gallinaza aporta gran cantidad de nutrimentos importantes para los cultivos, la cascarilla de arroz, de café o pasto picado son materiales ricos en celulosa, lignina y sílice, elemento que potencia la tolerancia de las plantas a las enfermedades. El carbón en polvo es un material que reduce los malos olores y crea un ambiente favorable para el desarrollo de microorganismos, lo que propicia el aumento de su población. La semolina actúa como un medio de cultivo y aporta carbohidratos, proteína, P, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn, así como compuestos para el desarrollo microbiano. La melaza (miel de purga) es una fuente de energía o carbono fácilmente asimilable y la tierra del subsuelo, absorbe nutrimentos y da buena condición física a la mezcla. Los microorganismos se aportan como inóculo, mediante un bocashi previamente elaborado, o microorganismos de montaña en soluciones líquidas. Otros productos que se pueden usar son cenizas y levadura. En el bocashi, el compostaje es más rápido que en un compost tradicional, y las transformaciones se realizan a menor temperatura (inferior a 50 °C) y en un tiempo más corto (de 1 a 3 semanas). Se voltea con más frecuencia (dos veces por día). Los materiales son más ricos en nitrógeno y en sustancias solubles que en el compost. Durante el proceso de fermentación no se agrega agua. El bocashi es un abono que proporciona al suelo

nutrición, microorganismos y un sustrato para la vida microbiana; esto por ser un abono que no se ha degradado completamente, el cual será útil en suelos pobres en materia orgánica y en el proceso de transición hacia la producción orgánica (Figuras 16 y 17) (Sasaki *et al.* 1994; Rodríguez *et al.* 1999).

En el proceso de producción es fundamental reducir los riesgos de contaminación con patógenos, por lo que se debe establecer medidas, tales como limpiar botas y herramientas antes de ser usadas o bien disponer de herramientas de uso exclusivo para este fin. La preparación se hace distribuyendo los materiales sobre la superficie en capas sucesivas y se inicia con el material más grueso, tal y como se observa en la Figura 16. Cada capa equivale a un tercio del material respectivo. Estas se deben ir humedeciendo en forma paulatina con la solución de agua con melaza. Una vez distribuidos todos los materiales, como se observa en la Figura 17, se procede al mezclado, moviendo estos materiales de un lado para otro, como se hace una mezcla de concreto, hasta que sea lo más homogénea posible. Mientras se hace la combinación de los materiales, se debe continuar humedeciendo en forma cuidadosa con el agua con melaza. Se debe evitar el exceso de agua, lo que se controla mediante la “prueba del puño”. Esto es, tomando pequeños puños del material, que se colocan en la mano y se oprime con fuerza y se observa, si el agua escurre, indica exceso de agua. Si esto ocurre esta humedad se debe compensar agregando materiales secos y mezclando de nuevo hasta que al tomar un puño del material se produzca la formación de un agregado, el que se desintegre con facilidad al tocarlo levemente, lo que indica que el abono tiene la humedad adecuada.



Figura 16. Distribución en capas de los materiales para la producción de bokashi.



Figura 17. Ejemplo de cómo se colocan los componentes para la elaboración del Bocashi.

Una vez mezclado, y con la humedad ideal, se procede a distribuirlo en un montículo de aproximadamente un m de alto, el que luego se cubre con sacos. Posterior a esto, se deja en esta posición, controlando a partir del primer día y en los subsiguientes la temperatura, de tal manera que no sobrepase los 50 ° C. Por esta razón se deben efectuar una o dos volteas diarias, para dar aireación y con el fin de enfriarlo, los olores al moverlo deben ser a levaduras y no ha amoniaco, porque esto indica que hay pudriciones por exceso de humedad. El desarrollo de microorganismos se comienza a observar a partir del tercer día, los que se identifican por el color grisáceo que proporcionan a la mezcla. A partir de este día, se comienza a reducir la altura del montículo a 20 cm. Durante los días posteriores se prosigue con el manejo de las volteas para su enfriamiento, así como con la reducción de la altura hasta alcanzar aproximadamente 15 cm, lo que se llevará a cabo en un periodo de aproximadamente 10 días. Una vez el abono esta frío, se debe continuar el proceso de maduración durante 15 días antes de usarlo, para que la fermentación se complete y de este modo aplicarlo en los cultivos sin riesgo de quema. Durante este periodo toma un color gris claro, queda seco con un aspecto de polvo arenoso y consistencia suelta, se puede almacenar hasta por 6 meses (Figura 18).

Ejemplo de bocashi elaborado por un productor orgánico. Este se produce con materiales accesibles, dentro de los que se incluye el bagazo de caña, ceniza de bagazo, estiércol de cabra, gallinaza y boñiga de ganado vacuno. Lo produce con las siguientes proporciones: 20 sacos de boñiga, gallinaza o cabraza, 15 sacos de ceniza, 10 sacos de bagazo 2 sacos de semolina, 20 litros de suero, 40 litros de microorganismos, 1 kg de levadura, 7 sacos de bocashi como inoculante, 1 balde de microorganismos sólidos, y 5 kg de roca fosfórica. De esta mezcla se obtienen 70 sacos de bocashi (Figura 18).



Figura 18. Bocashi de productor orgánico en proceso enfriamiento y maduración.

Ventajas del bocashi

Tiene una alta carga microbiana benéfica que mejora la actividad y diversidad biológica de los suelos. Esto facilita la asimilación de su alto contenido de nutrientes y el aprovechamiento de otros abonos. Su población microbial incrementa la actividad supresora y mejora la salud de los cultivos. Además proporciona un mayor contenido energético al sufrir menos pérdidas por volatilización, al no alcanzar temperaturas elevadas. Mejora y mantiene la bioestructura del suelo al facilitar la formación de agregados.

Desventajas del bocashi

Es un abono orgánico inestable, dado que la materia orgánica no está totalmente descompuesta y puede ocasionar problemas para la germinación de los cultivos o “quemar” cultivos ya desarrollados, por la concentración de ácidos orgánicos de cadena corta, amoníaco o sales. No se aconseja en semilleros o almácigos y lo ideal es siempre usarlo cuando ya alcanza su madurez. El bocashi al no calentarse a altas temperaturas se corre el riesgo de la presencia de patógenos e insectos no deseados.

VERMICOMPOST

Es el proceso de transformación de la materia orgánica en humus utilizando para ello la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Figura 19). Este se lleva a cabo en camas, sobre las cuales se colocan los residuos orgánicos como sustrato para la lombriz. Las materias orgánicas son transformadas por esta especie mediante su ingesta y excreta, en un compost rico en nutrientes y en microorganismos, condiciones que hacen asimilables para las plantas elementos minerales como fósforo, calcio, potasio, magnesio y los microelementos.



Figura 19. Lombriz roja californiana.

Las camas se pueden elaborar usando diferentes técnicas, una es excavando el suelo en forma triangular, se construye con los lados inclinados, uniéndose en el centro, en la base se puede utilizar un material como piedra cuarta y sobre esta, un tipo de cobertura como sarán u otro similar, para que permita el drenaje de los lixiviados. En el centro de la misma, se puede colocar un tubo perforado que recoja los líquidos y los lleve hasta un tanque o recipiente de almacenamiento para su posterior uso o reciclaje. La tecnología que se use dependerá siempre de la disponibilidad económica, y al igual que siempre en la agricultura orgánica, no hay recetas y podemos usar o crear alternativas adecuadas a las posibilidades de cada productor. Lo que siempre es deseable es construir un drenaje o salida de los líquidos, los que se pueden transportar por tuberías o pequeñas zanjás hasta una salida, donde se pueden recolectar mediante un recipiente para su uso posterior. En la Figura 20 se muestra un ejemplo de cama.

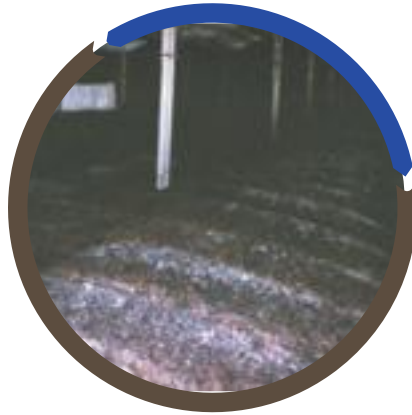


Figura. 20. Cama de producción con montículos de alimentación, usados para que la lombriz se pase en forma paulatina.

Siembra y alimentación

El sustrato se elabora con remanentes de cosecha o con desechos domésticos, además broza, estiércoles de caballo, cabra, conejo, bovino y gallinaza, a pesar de que se utilizan materias frescas, siempre será importante el pre compostaje y poner capas de no más de 10 cm para prevenir el calentamiento en la cama. Cuando se usen estiércoles se deberán mezclar con residuos ricos en carbono como broza de café, burucha, aserrín, granza y remanente de frutas, para buscar una relación C/N óptima para el proceso y cuidando siempre que la humedad sea la indicada, alrededor de un 70 %.

El pre compostaje es necesario para eliminar patógenos humanos y fitopatógenos, por lo que se debe alcanzar temperaturas de alrededor de 65 °C. El proceso se debe llevar a cabo con una humedad óptima en la mezcla, por lo que si es necesario se debe agregar agua, sin excesos. El pre compostaje se debe mantener con volteos semanales por al menos 22 días, una vez cumplido este periodo se debe bajar el montículo para su enfriamiento. Luego de esto está listo para alimentar a la lombriz (Soto *et al.* 2004, Uribe *et al.* 2009) (Figura 21).



Figura. 21. Caminos entre camas que permite efectuar con comodidad la alimentación, así como la cosecha, y la recolección de las trampas de captura en los procesos de separación.

El sustrato inicial le proporciona alimento a las lombrices, dependiendo de diversos factores climáticos y de población, por un periodo de aproximadamente 15 a 30 días. El sustrato debe permanecer con una humedad de alrededor de un 70 %, pero no en exceso, porque las lombrices no soportan las condiciones anaeróbicas. La temperatura debe estar entre los 15 y 25 ° C y un pH alrededor de 7, condiciones adecuadas para el desarrollo de la Lombriz.

Una vez las camas lleguen al límite de su capacidad se inicia la separación de las lombrices, usando trampas con material pre composteado, hacia el cual emigran las lombrices, esto se hace repetidas veces hasta que se haya extraído la mayor parte de la población. La cosecha del abono se inicia amontonándolo sobre un planché o superficie seca, preferiblemente de cemento, (puede ser sobre suelo) para su secado. Al iniciarse este proceso, las lombrices restantes que no se han sacado, emigran hacia abajo, por lo que al final se localizan principalmente en la última capa, de donde se toman y colocan junto con las extraídas antes, en el cajón o cama donde se inicia el nuevo proceso.

Al final se obtiene un excelente abono natural (humus), ideal para casi todo tipo de suelo y uso en sustratos, de fácil aplicación y no representa ningún peligro para los seres vivos, su aplicación no causa contaminación, además de ser un abono maduro que no genera fitotoxicidad en las plantas (Márquez *et al.* 2008).

Características del humus de lombriz

- Es un material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo del bosque.
- Aporta una alta carga microbiana benéfica.
- Este producto posee una alta solubilidad y carga enzimática-bacteriana, características que lo hacen rápidamente asimilable por las raíces de las plantas y le da características de supresor de bacterias, hongos y nematodos fitopatógenos.
- Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- Este abono por lo general incrementa la concentración de nutrientes, P, Ca, Mg, K, la CICE, la acidez intercambiable y el pH del suelo (Durán-Umaña *et al.* 2010).
- La acción microbiana del humus de lombriz hace más asimilables para las plantas minerales como el fósforo, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos.
- Es limpio, suave al tacto y su gran bio-estabilidad evita su fermentación o putrefacción.
- Mejora la retención de humedad y de los elementos nutritivos.
- Influye de forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas.
- Aporta y contribuye al mantenimiento y al desarrollo de la micro flora y micro fauna del suelo.
- Aporta sustancias húmicas.
- Mejoran la infiltración del agua y la aireación del suelo.
- Mejora y regenera los suelos.

Humus

Es una sustancia marrón oscura, quebradiza, que posee nitrógeno, fósforo, potasio, calcio magnesio y micronutrientes. Se origina a partir de productos intermedios de la degradación, como son los ácidos poliurónicos. Uno de los productos que los origina es la lignina por ser de difícil descomposición y por ello más lenta, lo que permite que se acumule en el suelo. Dentro de la materia orgánica del suelo, el humus representa del 85 al 90 % del total. A pesar de que

los procesos de degradación producen múltiples sustancias orgánicas, solo el humus es capaz de influir en las propiedades químicas, físicas, y en la fertilidad del suelo (Primavesi 1984).

Ácido húmico

Este se produce cuando la materia orgánica se oxida, durante el proceso de humificación, bajo la presencia de concentraciones adecuadas de calcio, fósforo, potasio y micronutrientes. La materia orgánica en descomposición es la fuente de la cual se extraen los ácidos húmicos. Se debe tener claro durante su utilización que las plantas requieren los ácidos húmicos, sin embargo, el usar grandes cantidades, no será más beneficioso, por el contrario, puede provocar toxicidad y daño. Cada planta o cultivo requiere una cantidad óptima de ácidos húmicos que la benefician por tanto no se deben utilizar en exceso, ni en forma frecuente (Fassbender *et al.* 1994, Primavesi 1984).

Ácidos fúlvicos

Son sustancias químicas naturales que se producen en la descomposición de la materia orgánica y forman parte del humus. Se encuentran presentes en la mayoría de los suelos, son la base de los ciclos de los micronutrientes y favorece su asimilación por las plantas. Además, tienen la propiedad de incrementar la capacidad de intercambio catiónico, lo que facilita a las plantas la absorción de los nutrientes. Los ácidos fúlvicos participan en la formación de agregados y con ello evitan o reducen los riesgos de compactación en el suelo. Su presencia en el humus, aumenta la capacidad de retención de agua, incrementan la velocidad de germinación de las semillas y estimulan la proliferación de la microflora del suelo (Primavesi 1984).

DOSIS DE ABONO ORGÁNICO

La dosis de abono orgánico varía entre dos y diez toneladas por hectárea, sin embargo, las cantidades de abono orgánico a aplicar al suelo dependerá de los requerimientos del cultivo, de la fertilidad del suelo, de la disponibilidad de materiales para su elaboración, y del acúmulo de materia orgánica en el suelo. Se debe considerar que si agregamos abonos orgánicos, el proceso de liberación de los nutrimentos es gradual en el tiempo, dándose un acúmulo de materia orgánica.

Estos factores hacen que el agricultor sea el principal actor para definir la cantidad ideal y enmiendas a usar para su finca a través del tiempo. El productor al decidir el abonamiento, además de su experiencia debe tener en cuenta los análisis de suelo y los factores mencionados, teniendo claro que en la nutrición de los cultivos, no hay recetas y cada finca y cultivo tienen sus propios requerimientos. No solo es la aplicación del abono orgánico sino también se debe considerar la necesidad de encalar, así como aplicar otros nutrimentos entre ellos el fósforo como roca fosfórica, el magnesio y calcio como cal dolomita, el potasio como Kmag o sulfato de potasio entre otros.

Las aplicaciones se pueden hacer durante la preparación del suelo, al fondo del surco, a la siembra, al lado de la planta, o una o dos semanas después del trasplante. La materia orgánica también puede incorporarse, labor que requiere profundidad, la que no debe ser mayor a los 20 cm, ya que más allá se reduce la oxigenación y la actividad microbiana. En cultivos como aguacate, el abonamiento se hace en regiones como el Pacífico Central en tres momentos durante el año, utilizando entre 25 y 30 kg por aplicación. Esta cantidad puede aumentar dependiendo del tamaño del árbol.

ABONOS VERDES Y COBERTURAS

Las leguminosas se usan como cobertura y abono verde porque fijan nitrógeno, y esto hace que el follaje sea rico en este y otros nutrientes. Especies que se pueden emplear como cobertura, son variadas, dentro de éstas se encuentran el kudzu (*Pueraria phaseoloides*), *Mucuna pruriens* *Mucuna* sp, *Crotalaria* sp *Calopogonium mucunoides*, *Canavalia ensiformis*, *Vigna unguiculata*, *Centrosema pubescens*, *Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium* *Flemingia congesta*, y la oreja de ratón (*Dichondra sericea* Swartz) una planta rastrera que se usa como cobertura en el cultivo de banano y que pertenece a la familia convolvuláceae. Otras especies arbóreas que se usan en café son, la guaba (*Inga* sp), laurel (*Cordia alliodora*) y poró (*Erythrina poeppigiana*) (Figura 22) (Acuña 2002; Melara *et al.* 1994, Fassbender 2003, Derry *et al.* 2005, Altieri *et al.* 2004).

En las zonas altas y frías de nuestro país se debe considerar especies adaptadas a esta condición climática, entre ellas tenemos Tréboles (*Trifolium* sp), Choreco (*Desmodium constarricensis*), *Vicia sativa*, *Vicia villosa*, *Lotus tenuis*. Sin embargo es difícil obtener semilla de leguminosas mejoradas, por lo que la opción práctica es elegir especies que crezcan en los campos y que estén aclimatadas a estas condiciones.

El aporte nutricional y de materia orgánica rica en carbono de estas plantas cuando se siembran como cobertura o en rotación, depende de la edad de corta. Por ejemplo, si se incorpora en el momento de la floración, evita que se torne fibrosa, por lo que actúa solo como abono y no mejora el suelo, por tanto, no aporta humus, ni conserva, ni mejora la bioestructura, proporciona nitrógeno, sustancias de crecimiento y aumenta la suma de bases. Además nutre el cultivo y beneficia la cosecha. El alto contenido de nitrógeno, provoca que la materia orgánica se descomponga rápidamente en un periodo que oscila entre 3 y 4 semanas, bajando su presencia en el suelo; de acuerdo a esto, es importante que al usar abonos verdes, se defina si se desea sólo como abono o si también se quiere mejorar el suelo, si este es el caso, se debe usar una mezcla de leguminosas con gramíneas, las cuales aportan materia orgánica rica en lignina y celulosa, la cual es de lenta degradación y mejora el suelo, entre las gramíneas que se pueden sembrar junto con la leguminosa están todos los pastos conocidos como braquiarias, la avena (*Avena sativa*) y Ryegrass (*Lolium perenne*, *Lolium multiflorum* y *Lolium hybridum*), la gramínea que se utilice varía con lo que se encuentre

en el sitio de la explotación y con el tipo de suelo y clima. (Cuadro 2) (Altieri 2004, Jara *et al.* 1997, Mósquera *et al.* 2012, Rodríguez 1997).

Las leguminosas, además de actuar como cobertura y ser un excelente abono verde liberando N, P y otros nutrientes, aportan materia orgánica, sustrato para la vida microbiana, favorecen la supresión de fitopatógenos y de especies competidoras. Además reducen los daños por erosión hídrica y eólica, conservan la humedad del suelo y disminuyen la pérdida de nutrientes por lixiviación.

Cuadro 2. Composición química de diferentes especies que es posible usar como abonos verdes.

Especie	Nutrientes							
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn
Centrocrema sp	1,4	0,3	1,2	0,7	0,5	10	32	67
Calopogonium sp	1,6	0,2	1,6	1,4	0,3	9	15	162
Pueraria sp	3,7	0,3	2,2	1,3	0,4	11	27	155
Cajanus sp	2,6	0,2	2,6	1,8	0,5	7	22	87
Mucuna sp	3,0	0,2	4,4	2,1	0,6	9	85	179
Trifolium sp	1,9	0,1	1,9	0,9	0,4	21	14	95

Fuente: Acuña 2002.



Figura. 22. A. Cobertura con oreja de ratón *Dichondra sericea* Sw. B. Cobertura con especies arvenses en el cultivo del banano.

HARINAS DE ROCA

Las harinas de roca son preparadas a base de piedra finamente molidas. Entre las materias primas para su elaboración se encuentran rocas como los serpentinitos, los micaxistos, y los basaltos. Estas contienen más de 70 elementos minerales necesarios para la nutrición y el mantenimiento del equilibrio nutricional de las plantas, y de los animales. Entre los elementos que presentan están silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo y azufre. En Costa Rica se pueden obtener en diversos sitios (tajos), y se encuentran principalmente rocas ígneas, sedimentarias y en menor proporción las metamórficas. Dentro de éstas, es típico la presencia de andesitas, basaltos y tobas. Además, se menciona la presencia serpentinitas, basaltos alcalinos, rocas volcánicas ácidas en la zona norte atlántica y granito en la cordillera de Talamanca (Braeuner *et al.* 2005; Berrangé *et al.* 1990, Fassbender *et al.* 1994, Gazel *et al.* 2005, Murrel 2003, Restrepo 2001, Vargas *et al.* 1992).

Si se cuenta con una fuente de piedra cercana (talud con piedra, piedra de río) la harina de roca se puede elaborar usando herramientas como macanas, picos, mazos y martillos. Hay sitios o taludes donde la naturaleza ha cumplido su misión de meteorización y la piedra al sacarla se despedaza y está lista para usarse.

CAPTURA DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA

Microorganismos de montaña

Estos son una combinación de microorganismos benéficos extraídos de un sistema natural o montaña. Se capturan con trampas de arroz o bien recolectando pequeñas cantidades de hojarasca y mantillo del bosque y se reproducen en medios sólidos y líquidos. Los sólidos se obtienen en arroz o a partir de mezclas de hojarasca y mantillo de montaña, extraídos de un bosque, con semolina, un subproducto del arroz, rico en carbohidratos y proteínas, el cual es un medio de cultivo para los microorganismos. El proceso se puede realizar por fermentación aeróbica (con presencia de O_2) y por fermentación anaeróbica (sin presencia de O_2). En su composición se encuentran bacterias, levaduras, actinomicetos, hongos, y enzimas que liberan estos microorganismos al degradar la materia orgánica. Estos se pueden preparar en un medio líquido para ser usado en la producción agropecuaria, manejo de remanentes orgánicos (estiércoles y materia orgánica), manejo de aguas servidas, eliminación de malos olores, control de insectos (moscas) y manejo de camas en galpones. Otros usos son la inoculación de tanques de almacenamiento de desechos orgánicos y lagunas de oxidación. En general, mejoran y mantienen ambientes sanos y saludables dentro del entorno humano.

Los microorganismos de montaña (MM) se emplean en los sistemas de cultivo como agente inoculante para incrementar la diversidad microbiológica de suelos y plantas. Así como restablecer el equilibrio microbiológico y mejorar las condiciones físicas, biológicas y bioquímicas de los suelos. Además potenciar el crecimiento, rendimiento y calidad de las cosechas. No se debe abusar de los bosques extrayendo grandes cantidades de material de ellos, por lo que solo debemos sacar lo que ocupamos, nunca se debe usar directamente la hojarasca y el mantillo de los bosques en los suelos de las fincas.

Uso de trampas para la captura de microorganismos de montaña

La captura se realiza con arroz precocido, por esto se procede a precocer el arroz y construir recipientes de madera o bien de bambú tipo canoa, partiéndolo por la mitad en forma transversal y dejando los dos nudos laterales. Otra opción es usar tasas de plástico de tamaño medio (Figuras 23 y 24).

El arroz se precoce colocando 500 g o más de acuerdo a lo que se necesite, en una olla, luego se agrega agua de tal manera que apenas cubra el arroz, para que se efectué el precocido, y no quede reventado, no se debe agregar sal, aceite, ni condimentos.

El arroz precocido una vez frío, se coloca en los recipientes de madera o bambú, a continuación se cubren con papel bond u otro tipo de papel, los que no deben tener tinta, este se fija con un mecate o manila (Figura 24 d).

En un bosque de preferencia virgen, se procede a realizar una pequeña perforación superficial en el suelo, en la cual se coloca la trampa. Esta se cubre con hojarasca y mantillo de montaña. El proceso se repite para cada una de las trampas con arroz, estas se distribuyen en sitios separados dentro del bosque.

En época lluviosa se debe seleccionar sitios altos y después de colocar y cubrir con hojarasca la trampa, se procede a tapar con un plástico, para evitar que penetre el agua. Es recomendable marcar cada sitio de captura con una estaca, para localizarla al volver a buscarla.

Al dejar las trampas con arroz en el sitio, se busca que los microorganismos de la montaña o bosque, colonicen el sustrato de arroz.

Las trampas con los microorganismos se proceden a recoger una vez transcurridos 5 a 7 días, al abrirlas se observa microorganismos de diversos colores en crecimiento, se descartan los colores oscuros.

Estas se deben llevar a un sitio apropiado para proceder a la reproducción en un medio líquido, para esto se puede usar un recipiente de entre 20 y 60 litros dependiendo del número de trampas y de su tamaño. Si se usa el de 60 litros se agregan 40 litros de agua sin cloro, 5 litros de suero o 1 litro de leche entera y

dos litros de melaza. Esta mezcla se agita bien para luego introducir dentro de la solución el sustrato de arroz con los microorganismos recolectados, colocados en un saco o bien en una bolsa construida con malla antiáfidos o malín. Una vez introducidos en la mezcla de agua, suero y melaza, se agitan en forma vigorosa, luego se tapan para que se inicie el proceso de fermentación. En los primeros 4 a 5 días, predominan los hongos, pero conforme avanza el proceso de fermentación y dependiendo del pH van variando las poblaciones de microorganismos.

La solución de microorganismos se puede usar a partir de los 6 días. Las dosis a usar varían con base a las necesidades de cada sistema de producción. Una sugerencia es usar entre 1,5 y 3 litros por bomba de 18 litros.

Trampas de bambú para la captura de los microorganismos de montaña

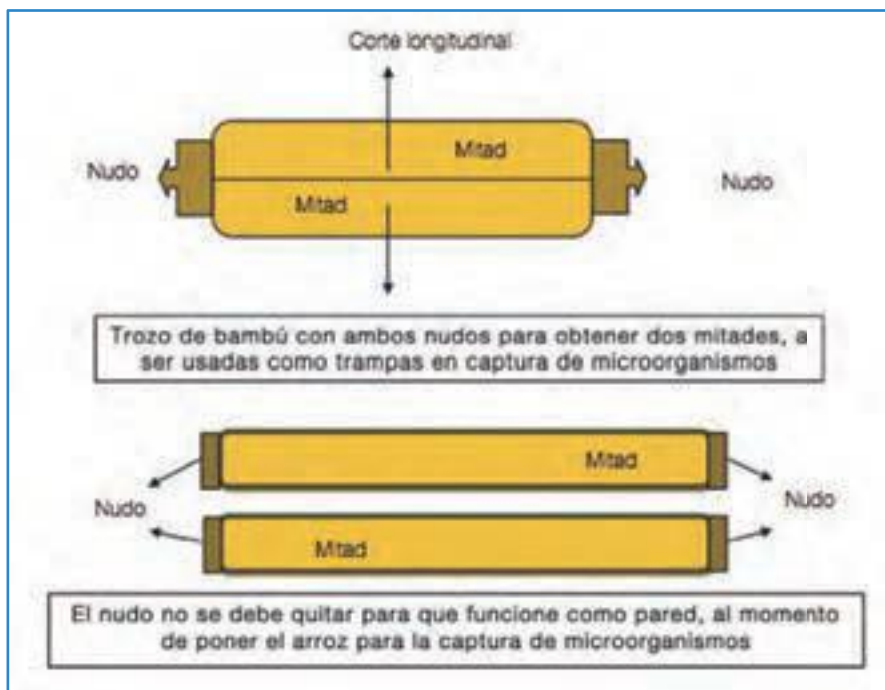


Figura 23. Diagrama para la elaboración de trampas de bambú para la captura de microorganismos.

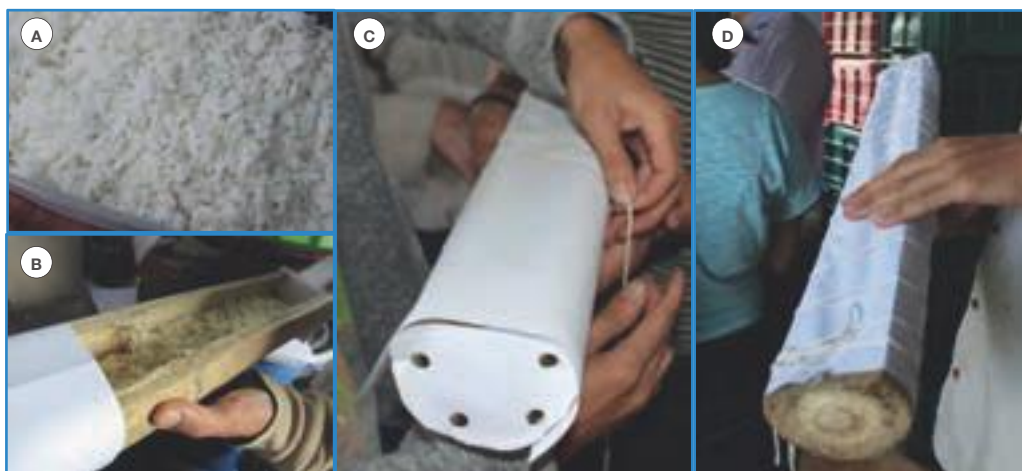


Figura 24. A. Arroz precocido B. Trampa de bambú con arroz. C y D. Tapado de la trampa de bambú con arroz, usando papel bond y fijándolo con manila.

Ventajas del uso de los microorganismos

El porcentaje de germinación de las semillas se incrementa y ocurre a mayor velocidad gracias al efecto hormonal, similar al ácido giberélico. Las rizobacterias por ser promotoras del crecimiento aumentan el vigor, el crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas. Los microorganismos en presencia de cantidades óptimas de materia orgánica mejoran la bioestructura, al favorecer la agregación de las partículas del suelo. Con ello reducen la compactación, incrementan los espacios porosos y mejoran la infiltración del agua. Estos beneficios en el suelo también aumentan la capacidad de retener y absorber más agua y con ello se disminuye la frecuencia de riego. Promueven mayor absorción e infiltración del agua de lluvia, evitando o reduciendo la erosión. El inocular microorganismos incrementa la biodiversidad de la flora microbiana y mejora el equilibrio natural en los suelos, generando poblaciones de microorganismos que por competencia suprimen las poblaciones de patógenos. Estos aceleran la descomposición de materia orgánica al incrementar la actividad microbiana. Además por los efectos antioxidantes que producen, generan en las plantas mecanismos de supresión de plagas, al inducir la tolerancia sistémica a fitopatógenos y plagas insectiles.

ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS

Los abonos líquidos (biofermentos, bioles) son sustancias o productos orgánicos que se obtienen mediante procesos de fermentación natural aeróbica o anaeróbica, a partir de remanentes animales (boñiga fresca, cerdaza o gallinaza) o vegetales mezclados con agua, suero, melaza y microorganismos. Estos son enriquecidos con sales minerales provenientes de fuentes naturales. Los productores usan biofermentos de frutas, boñiga, gallinaza, compost y lombricompost; los más usados son los elaborados de boñiga más melaza, con microorganismos y nutrimentos (sales minerales, roca fosfórica, azufre ceniza). Sin embargo, presentan riesgos de contaminación por patógenos humanos o fitopatógenos, así como por exigencias de las normas internacionales. Es por estas circunstancias que se ha sustituido el estiércol por pasto fermentado. No obstante continúa siendo una opción. Estudios recientes reportados por Soto, *et al.* (2004), Uribe *et al.* (2010), señalan que, muestreos realizados a abonos líquidos elaborados con boñiga de diversa procedencia, manejos y edades, no presentaron patógenos humanos (*Escherichia coli* ni *salmonella* sp), y los microorganismos que predominaron fueron altas poblaciones de *Lactobacillus* sp, favorecidos por la caída del pH a 4,3 desapareciendo patógenos humanos y fitopatógenos.

Su uso pretende reproducir microorganismos benéficos y agregar nutrimentos, vitaminas, minerales y hormonas al suelo, fácilmente disponibles para las plantas. Así como aprovechar su efecto repelente y de combate en el manejo de plagas.

El uso del biofermento debe responder a las necesidades de los suelos y de los cultivos, no se deben seguir recetas estrictas, sino elaborarlos de acuerdo a los análisis de suelo de cada finca y requerimientos del cultivo. Por ello los productos usados para producirlos varían entre las fincas. Por ejemplo si un suelo muestra en el análisis alta presencia de potasio, se deberá reducir su uso en los biofermentos. Lo mismo se debe hacer con otros elementos que muestren concentraciones óptimas en los suelos. Especial mención merecen micronutrientes como manganeso, cobre y hierro que si muestran concentraciones adecuadas en el suelo, se debe reducir o eliminar su uso en los biofermentos para no llegar a provocar toxicidades, además se debe tener en cuenta que todos los biofermentos que

se preparen, siempre tendrán un contenido de elementos menores. Estos son cuidados que se deben tener cuando se elaboren y usen biofermentos.

El suelo es el sustrato natural sobre el que se desarrollan las plantas y es de donde se absorben vía raíz todos los nutrimentos y sustancias que requieren los cultivos para un desarrollo sano y vigoroso. Por esto el uso de los biofermento se debe dirigir a complementar la nutrición del suelo y no a sustituirla.

Te de lombricompost

Este es el líquido resultante de la crianza de las lombrices llamado “lixiviado”, el cual se colecta, y aplica diluido como abono foliar o directamente al suelo. Este producto cuando las camas se están iniciando por provenir de un proceso no terminado, no es rico en microorganismos y podría estar contaminado con fitopatógenos y patógenos humanos, dependiendo de la materia prima usada en el proceso, por lo que se puede reciclar humedeciendo con él las camas. Su uso se recomienda a partir de que la cama ya muestra humus terminado. La otra opción es elaborar el té de lombricompost, para el cual se toma un saco de plástico en el cual se colocan 20 litros de lombricompost, luego se introduce en un estañón de 200 litros y se mezcla con dos galones de melaza, agitándolo fuertemente y llevándolo hasta 185 litros. Posteriormente se deja fermentando y reproduciendo los microorganismos y se comienza a usar a partir de los 8 días. Las dosis al suelo pueden ser hasta del 25 %, en el caso de follaje, esta debe ser de entre un 10 y un 15 %.

Biofertilizantes

Los biofertilizantes incorporan al sistema agrícola microorganismos fijadores, solubilizadores y otros, que ayudan a la absorción de nutrimentos por las plantas. Tal es el caso de *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, fosforinas (*Pseudomonas fluorescens*), hongos micorrizógenos, La fosforita es un biopreparado que usa cepas de la bacteria *Pseudomonas fluorescens* capaz de solubilizar el fósforo. Estos productos son elaborados en diversos laboratorios y ofrecidos a los productores, igual sucede con extractos de ácidos húmicos y fúlvicos, de algas u otros organismos, así como los preparados con hongos

antagonistas. Estos compuestos facilitan la nutrición y protegen el sistema radical (Reybet *et al.* 2012).

Levaduras

Estas se preparan usando levaduras comerciales, las que se utilizan para elaborar pan. Para ello se toman 22 g de levaduras, las que se mezclan en un litro de solución, preparado con 800 ml de agua y 200 ml de melaza. Después se dejan fermentar por cuatro a cinco días, agitando la solución todos los días. Este litro de levaduras, luego se lleva a cinco litros de solución de agua con melaza, preparada con 4 litros de agua y 1 litro de melaza, se deja fermentar por cinco días, agitándola a diario con una cuchara de madera. La solución final se utiliza a una dosis de entre 2.5 y 5% o sea entre 500 ml y 1 litro por bomba de 16 litros. Se puede preparar mayor cantidad de acuerdo a lo que se necesite, manteniendo las proporciones.

Lactobacillus

Los lactobacillus se preparan utilizando agua de arroz. Para ello se deja reposar un kg de arroz en 4 litros de agua de un día para otro, una vez transcurrido el tiempo si se desea, se puede licuar o bien se toma el agua de arroz sin licuar en un volumen de 4 litros. Esta solución se deja fermentar por tres días, después de los cuales se agrega 3,5 litros de leche entera o suero, luego se deja reposar por tres días, después de los cuales se separa el suero de los sólidos, porque es ahí donde están los Lactobacillus. El suero se mide y se usa un volumen igual de melaza, la que actúa como alimento para los lactobacillus, después se ponen a fermentar por cuatro días. Una vez fermentados se cuelan y almacenan en envases de vidrio o plástico color ámbar, o bien de plástico que impidan el paso de la luz, como los usados para el cloro. La dosis a usar depende de las necesidades de los cultivos, y varía entre 2,5 y 5 % por bomba de 16 litros. Sin embargo, el agricultor debe ir probando y definir las dosis de acuerdo al cultivo.

En el caso de que no se usen en el momento de elaborarlos y se almacenen, esto debe hacerse en un sitio fresco y oscuro. Durante el almacenaje el cual no debe ser prolongado, los microorganismos consumen la melaza y al quedarse sin

alimento entran en un estado de reposo, por lo que para usarlos se deben activar, mezclando por cada parte de solución de lactobacillus una parte de melaza y un 15 % de agua sin cloro. El agua sin cloro se puede obtener del agua de lluvia o bien de agua potable que se deje al ambiente durante 24 horas para que el cloro se pierda como gas cloro.

Abono líquido de frutas y hierbas

En la elaboración de los abonos de frutas o hierbas se utiliza un balde de 20 litros de capacidad con tapa, una cuchara de madera, melaza, frutas dulces maduras y sanas, tales como el banano, papaya, melón, sandía, entre otras; también algunas hierbas con atributos medicinales, o bien las que se encuentran en la parcela del productor y que no muestren daños de insectos ni enfermedades. Dentro de estas, se pueden citar higuera (*Ricinus communis*), madero negro (*Gliricidia sepium*), viborana (*Asclepias curasavica*), cinco negritos (*Lantana camara*), chile picante (*Capsicum* sp), ajo (*Allium sativum*), gaviola (*Neurolaena lobata*), reina de la noche (*Brugmansia suaveolens*), chirca (*Thevetia peruviana*), ruda (*Ruta chalepensis*), zacate de limón (*Cymbopogon citratus*), orégano (*Lippia graveolens*), apazote (*Chenopodium ambrosioides*) entre otras. En el caso de la producción orgánica es preferible que las especies de plantas procedan de la misma finca por lo que es deseable sembrarlas o bien de otra finca orgánica. Los pasos a seguir para la elaboración son los siguientes:

- Las hierbas y frutas limpias y sanas se pican (Figura 25)
- Luego se pesan para conocer cuánto se agrega de cada una de las especies. Las cantidades deben variar entre 1,5 kg y 0,5 kg, (Figura 26)
- A continuación se colocan en capas en un balde de 20 litros con tapa y limpio, o bien otro recipiente apropiado (Figura 27)
- La melaza se vierte cuidadosamente sobre cada una de las capas de hierbas y de frutas (Figura 28)
- Una vez colocadas en capas las hierbas, las frutas y con la melaza, en el recipiente, se procede colocar sobre ellas, la tapa, con un peso tal que presione el contenido, debe permanecer así y bien cerrado para evitar la llegada de moscas, por un periodo de 8 días (Figura 29).

Una vez cumplidos 8 días, se observa sobre el líquido un crecimiento de microorganismos (Figura 30). En este momento, se procede al colado, usando para ello un balde perforado y un colador de cocina (Figura 31 y 32).

Posteriormente se procede al enriquecimiento del abono líquido, esto se puede hacer con productos como ceniza, harina de rocas o harina de hueso. Además también se pueden usar materias de origen natural como flor de azufre, bórax, sulfato de magnesio y otras sales. Una vez enriquecido y agitado, se deja bien cerrado, en reposo por ocho días en un lugar fresco y oscuro, después de los cuales se cuela con la malla antiáfidos u otra tela como malín. Se utiliza a 250 ml por bomba de 18 litros (Figura 33).



Figura 25. Picado de las hierbas y de las frutas.



Figura 26. Peso del apazote (*Chenopodium ambrosioides*) usado en el proceso, todos los otros componentes también se deben pesar.



Figura 27. Las hierbas y las frutas se colocan en capas en el balde de 20 litros.



Figura 28. Vertido de la melaza sobre la capa de hierba picada y luego se coloca una nueva capa de chiles picantes (*Capsicum annuum*).



Figura 29. Tapa de plástico y sobre ésta dos recipientes con agua; también se puede usar un block de construcción una piedra u otro elemento pesado.



Figura 30. Apariencia del abono líquido de frutas, ocho días después de la preparación, mostrando una masa microbiana en la superficie.



Figura 31. Balde perforado usado para colar el abono líquido, inicio del proceso de colado.



Figura 32. Abono de frutas colado y remanentes impregnados con el producto.



Figura 33. Colado fino con colador de cocina y un trozo de malla antiáfidos.

MICROORGANISMOS Y BIOFERMENTOS ELABORADOS POR MÉTODO AERÓBICO

Reproducción aeróbica de microorganismos de montaña en semolina

Usando un saco limpio se procede a recoger sin escarbar en un bosque cercano (virgen o lo menos alterado posible) un saco de hojarasca y mantillo. Este se lleva junto con el saco de semolina al sitio donde se van a elaborar los microorganismos; debe estar limpio y preferiblemente a la sombra. Para asegurarnos la limpieza podemos colocar sobre el piso un cobertor hecho con sacos o bien una cobertura plástica.

Se prepara una solución de melaza, en una proporción de 2 litros de melaza por 3 litros de agua. La hojarasca y el mantillo de montaña y la semolina, se distribuyen en capas iniciando con la hojarasca y mantillo, siguiendo en forma sucesiva con las capas de semolina. Se mezclan hasta que su distribución sea lo más homogénea posible, remojando con la solución de melaza disuelta en agua mientras se hace la mezcla. El manejo de la humedad debe ser cuidadoso y no debe sobrepasar el 40 %, para lo que se debe hacer la prueba del puño para comprobar la humedad.

Una vez concluida la mezcla de los materiales se hace un montículo, el cual se cubre apropiadamente con sacos limpios. En este proceso se debe controlar la temperatura ya que se desea reproducir microorganismos, no debiendo exceder los 50 °C. Cada vez que alcance esta temperatura, se debe mover la mezcla para regularla.

El volteo de los materiales se repite cada día para evitar que supere los 50 °C, debe tener buen olor e iniciar la formación de micelio. Al tercer día, se extiende y se baja la altura para iniciar el proceso de enfriamiento, proceso después del cual se continúa por 10 días hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se deja

por 10 días más para su maduración, finalizado el proceso. Se puede usar en la producción de microorganismos líquidos o como inóculo de microorganismos de montaña en la producción de abonos. Es importante que su almacenamiento se haga en un sitio protegido de la luz y de la humedad, y por no más de tres meses.

Producción de biofermentos por método aeróbico

Equipos necesarios

Para su elaboración, se requiere un estañón de 200 litros (los hay de 100 litros o menos), baldes plásticos, cucharas, o piezas de madera para revolver, un colador grande, colador de malla antiáfidos o malín, una romana, y un recipiente graduado entre 0,5 y 1 litro o más para medir los componentes.

Biofermento con estiércol bovino enriquecido con sales minerales

Procedimiento

Los biofermentos se pueden hacer bajo múltiples combinaciones, dependiendo de la disponibilidad de recursos, así como de las necesidades del cultivo y del suelo. La preparación se lleva a cabo recolectando boñiga fresca (estiércol bovino) por la mañana, preferiblemente, antes de la salida del sol para evitar el efecto de la radiación ultravioleta sobre los microorganismos. Las excretas se colocan en un estañón de 200 litros de capacidad, se utilizan 50 kg de boñiga, equivalente a dos baldes de 20 litros. Luego se agregan 20 litros de suero, 20 litros de microorganismos líquidos, 8 litros de melaza disuelta en agua, 2 litros de agua de coco, 2 kg de harina de pescado, posteriormente se agita vigorosamente con una vara de madera para homogenizar la mezcla. A continuación se agregan las sales, las que se disuelven en agua tibia por separado, y se van agregando en el estañón, 2 kg de sulfato de potasio se disuelven en 15 litros de agua tibia, 2 kg de sulfato de zinc se disolverán en 4 litros de agua tibia, 2 kg de sulfato de magnesio se disolverán en 8 litros de agua tibia, 400 g de sulfato de cobre se disolverán en 2 litros de agua tibia, 250 g de bórax se disolverán en 500 ml de agua tibia, 250 g de azufre se mezclan en 2 litros de agua fría, se deben deshacer los grumos. Una vez

disueltas cada una de las sales, el bórax, el azufre, la roca fosfórica, y el molibdato de sodio y agregadas al estañón, se agita en forma vigorosa durante cinco minutos, se ajusta el volumen hasta 185 litros y se vuelve a agitar, luego se tapa, debe permanecer así durante todo el proceso para evitar la entrada de moscas, y la formación de gusaneras, solo se destapa para la oxigenación diaria y agregar componentes. Se abre tres días después y se agrega 2 kg de ceniza mezclada en agua fría y se agita por cinco minutos. El procedimiento posterior consiste en oxigenar todos los días agitándolo en forma vigorosa, hasta el día 30 que se completa la fermentación. Se utiliza aplicado a la base, a razón de 4 litros por bomba de 18 litros y al follaje a 1 litro por bomba, uno de los cuidados para su elaboración es evitar la reproducción de fitopatógenos o patógenos humanos, lo que se logra con cuidados en el área de producción. Así como completando los procesos de fermentación y logrando la madurez del biofermento (Cuadro 3). El cuadro 4 muestra otra alternativa de biofermento en el cual se varían los componentes, y se elabora siguiendo este mismo procedimiento, que responda a las necesidades de los suelos y del cultivo.

Cuadro 3. Materiales e ingredientes para biofermento de estiércol bovino con sales minerales

Cantidad	Material
40 litros	Estiércol fresco de ganado vacuno que no haya recibido antibiótico (es importante que se colecte antes de la salida del sol). (20 litros equivale a un balde de plástico grande)
20 litros	Suero
20 litros	Microorganismos líquidos
8 litros	Melaza
2 litros	Agua de coco (opcional, sitios donde haya disponibilidad)
2 kg	Harina de pescado (opcional)
4 kg	Roca fosfórica
2 k	Sulfato de zinc
2 k	Sulfato de magnesio
2 k	Sulfato de potasio
400 g	Sulfato de cobre

Cantidad	Material
250 g	Bórax
250 g	Azufre
100 g	Molibdato de sodio
2 kg	Ceniza de madera o leña
	Se completa el estañón con agua hasta 185 litros

Cuadro 4. Materiales e ingredientes para otra opción de biofermento.

Cantidad	Material
30 litros	Estiércol fresco de ganado vacuno, ovino, equinos, entre otros,
10 litros	Estiércol fresco de gallina u otros animales menores (conejo, codorniz y otras especies)
2 kg	Humus de lombriz
20 litros	Microorganismos líquidos
4 litros	Melaza
10 litros	Suero de leche
2 litros	Agua de coco (opcional)
2 kg	Harina de pescado
4 kg	Roca fosfórica
2 kg	Ceniza de madera o leña
2 kg	Sales minerales variadas
10 kg	Plantas verdes picadas (ortiga, frijol de palo, higuera, guaba, diente de león, lengua de vaca, saúco, madero negro, gavilana, plantas medicinales).
100 litros	Agua

Los biofermentos no solo se elaboran con boñiga, sino también con otros estiércoles, en los Cuadros 5 y 6 se describen dos ejemplos, uno con cabraza y otro con oveja, en ambos casos se elaboran sin sales, pero si el suelo lo requiere se puede igualmente agregar las sales y otros productos como la harina de pescado, harina de hueso, ceniza, la roca fosfórica y el bórax. El uso del agua de coco depende de si se dispone de esta, también se puede incluir plantas, como las descritas en el biofermento de frutas y en el Cuadro 4.

Biofermento - cabraza

Cuadro 5. Componentes usados para la elaboración de un biofermento de cabraza en un estañón de 100 litros.

Cantidad	Material
30 kg	Cabraza (estiércol)
10 litros	Microorganismos
15 litros	Agua de coco
10 litros	Melaza
20 litros	Suero
15 litros	Agua pura

Biofermento - ovejaza

Cuadro 6. Componentes para la elaboración de un biofermento de ovejaza en un estañón de 100 litros.

Cantidad	Material
30 kg	Ovejaza (estiércol)
10 litros	Microorganismos
15 litros	Agua de coco
15 litros	Melaza
20 litros	Suero
20 litros	Agua pura

Biofermento-harina de rocas

Procedimiento

- En el Cuadro 7 se muestran los componentes para la elaboración de biofermento de harina de rocas (piedra de tajo u otra fuente) (Restrepo 2007).
- En el día 1 en un estañón de 200 litros, se agregan 2 baldes de estiércol bovino fresco, 2 litros de melaza disuelta en agua, 2 litros de leche o 4 litros

de suero y 25 litros de agua, se agita en forma vigorosa y se deja en reposo por tres días (Restrepo 2007).

- En el día 4 se agregan a la mezcla 1,5 litros de melaza disuelta en agua, 2 litros de leche (o 4 litros de suero), 2 kg de roca molida, 1 kg de harina de hueso, 30 litros de agua, luego se procede a agitar hasta obtener una mezcla homogénea, luego se deja en reposo por 3 días (Restrepo 2007).
- En el día 7 se agregan 1,5 litros de melaza disuelta en agua, 2 litros de leche (o 4 litros de suero) 2 kg de roca molida, 1 kg de harina de hueso y 30 litros de agua, una vez agregados los componentes, se agita hasta obtener una mezcla homogénea después de lo que se deja en reposo por 3 días (Restrepo 2007).
- En el día 10 se agregan los materiales restantes 1,5 litros de melaza disuelta en agua, 2 litros de leche (o 4 litros de suero), 2 kg de roca molida, 1 kg de harina de hueso y 30 litros de agua. Una vez todos los componentes en el estañón se procede a agitar hasta obtener una mezcla homogénea, después de lo que se deja reposar por 30 días en climas calientes y 40 días en climas frescos, el proceso tarda entre 60 y 90 días para que el producto esté listo para su uso.
- En el proceso de fermentación por ser aeróbico el recipiente no necesita estar cerrado en forma hermética. Sin embargo, debe permanecer cerrado para evitar la formación de gusaneras y requiere al menos agitarse una vez al día (Cuadro 7) (Restrepo 2011).

Cuadro 7. Componentes para la formulación de biofermento de harina de rocas.

Cantidad	Componente
40 litros	Estiércol fresco bovino o pasto fermentado
8 litros	Melaza
8-16 litros	Leche o suero
150 litros	Agua
6 kg	Roca molida
3 kg	Harina de hueso

BIOFERMENTOS Y MICROORGANISMOS ELABORADOS CON MÉTODO ANAERÓBICO

Estos productos se enriquecen con sales minerales y otros elementos como roca fosfórica, bórax (fuente de boro), harina de roca. Se elaboran bajo un método similar al descrito en párrafos anteriores, con la diferencia de que los procesos se llevan a cabo por medio anaeróbico. Estos se producen con una sola sal que aporta un solo elemento por biofermento, con la excepción del manganeso y zinc que se prepararan juntos. Por ejemplo se prepara un biofermento de sulfato de potasio, que aporta potasio, otro biofermento con sulfato de magnesio que aporta magnesio y de este modo se prepara igual para cada elemento. Una vez con los biofermentos de cada nutriente preparados, estos se mezclan para desarrollar una fórmula con todos los nutrimentos y de esta manera responder a los análisis de suelos y a las necesidades de los cultivos.

Esta propuesta está basada en pasto fermentado, el cual es una alternativa más limpia, no obstante las cantidades de pasto fermentado, si así lo desea el productor puede cambiarlas por estiércol fresco. Este proceso anaeróbico necesita la producción previa de los microorganismos de montaña, indispensables en los procesos bioquímicos de elaboración de los biofermentos.

Su producción requiere un estañón de 200 litros (hay de 100 litros o menos) con cierre hermético. En la tapa del estañón, se hace una perforación en la que se coloca una válvula de acople rápido de ½ pulgada de diámetro, en la cual una vez instalada, se inserta en el lado de afuera una manguera de ½ pulgada de diámetro, el otro extremo queda conectado al interior del estañón, la manguera se introduce en una botella plástica con agua, de manera que quede dentro del agua. Este sistema funciona como una válvula de seguridad, controlando la salida de gases del interior, sin permitir que entre aire desde el exterior. Esto garantiza la fermentación anaeróbica no dejando entrar oxígeno durante el proceso (Figuras 34 35 y 36).

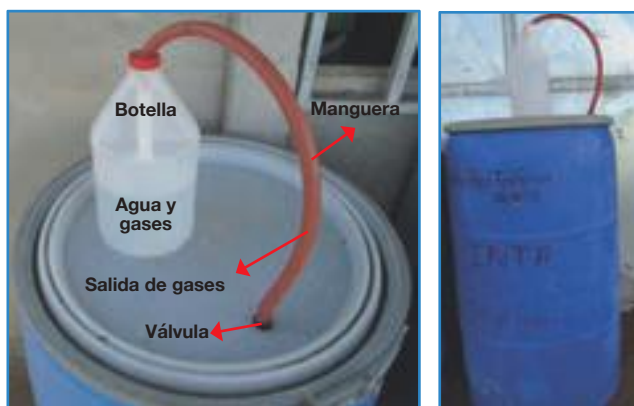


Figura 34. Diagrama del estañón, funcionamiento y posicionamiento de manguera.



Figura 35. Diagramas de las piezas usadas en la conexión que se realiza de la manguera a través de la tapa y hasta la botella, para asegurarse la condición anaeróbica.



Figura 36. Súper magro y microorganismos líquidos en proceso de producción con el uso de la válvula para el control de entrada y salida de gases.

Elaboración de microorganismos de montaña

Estos se preparan al inicio porque son la base de los biofermentos. La producción comienza con una visita a un bosque, ideal que sea primario, sin embargo, puede ser un bosque secundario, que tenga un periodo de regeneración de al menos 15 años. En este ecosistema, se recolecta dos sacos de hojarasca y mantillo de bosque (materia orgánica en descomposición, la que se ubica entre la hojarasca y el suelo), fuente rica en vida microbiana. Posteriormente se procede a ir al sitio elegido para elaborar los microorganismos de montaña, este debe estar limpio, y el área donde se va hacer la mezcla se puede cubrir con un cobertor que puede ser un plástico grande o bien un tipo de manteado, el que debe estar limpio. En el proceso se usa la hojarasca y mantillo más dos sacos de semolina, sustrato con óptimas características físicas y nutricionales para el desarrollo de los microorganismos. Además, se utilizan 8 litros de melaza disuelta en 4 litros de agua libre de cloro, los que colocan en una regadera o bien otro tipo de recipiente. Los componentes se distribuyen alternando capas de mantillo y hojarasca con capas de semolina, iniciando con el primero, sobre una superficie limpia (Cuadro 8). Una vez distribuidos los materiales, se procede a mezclarlos muy bien, simultáneamente se humedecen con la solución de melaza hasta alcanzar entre un

30 y 40 % de humedad; esta no debe sobrepasarse, porque se darían problemas en el proceso de fermentación anaeróbica. En caso de duda, se puede hacer la prueba del puño descrita anteriormente. Una vez elaborada la mezcla, lo más homogénea posible, se coloca en un estañón de 200 litros de capacidad con cierre hermético. Mientras la mezcla se pone en el recipiente, se va compactando con un instrumento pesado, ya que la fermentación es anaeróbica, no debiendo entrar oxígeno. Por esta razón si queda algún espacio en el estañón al finalizar el llenado, se procede a colocar un plástico para evitar el crecimiento aeróbico. Este recipiente deberá tener una válvula de escape, tal como fue descrita en párrafos anteriores. Una alternativa cuando no se cuenta con estañón de cierre hermético, es el uso de una bolsa de plástico grueso sin huecos, de las llamadas jardineras, o bien una bolsa o funda de ensilaje las cuales son grandes. La mezcla se coloca igual dentro de la bolsa compactándola, al final se cierra muy bien para evitar la entrada de oxígeno, en caso necesario se puede usar doble bolsa. Si se cuenta con un estañón sin cierre hermético, se pone dentro de él para evitar que se rompa o sufra daño de animales, siempre es recomendable cerrarlo muy bien (Figuras 37 y 38)

Una vez concluido el proceso y sellado del estañón o bien la bolsa, se deja en un lugar fresco y a la sombra por 30 días, durante los cuales se lleva a cabo la fermentación anaeróbica y la reproducción de los microorganismos. La calidad del producto se debe comprobar al final, debe caracterizarse por un olor agradable, semejante a la fermentación alcohólica. En caso de existir malos olores, indicará que el proceso no se realizó de la forma apropiada. Una opción, concluido el proceso, es pasar por una malla la mezcla con los microorganismos y colarlos, dejando solo los componentes más finos. Estos microorganismos se usaran en la elaboración de microorganismos líquidos, pasto fermentado y los biofermentos. El estañón o la bolsa deben permanecer cerrados siempre, después de hacer uso de los microorganismos (Figura 39).

Cuadro 8. Componentes para la elaboración de microorganismos de montaña.

Cantidad	Descripción
2 sacos de 46 kg	Hojarasca y mantillo de bosque
2 sacos de 46 kg	Semolina o afrecho de trigo, harina de maíz, concentrado para animales
8 litros	Melaza
6 litros	Agua pura sin cloro



Figura 37. Elaboracion de microorganismos A. Mantillo y hojarasca traída en sacos del bosque. B. El mantillo y hojarasca se extiende sobre una cubierta elaborada con sacos o bien de plástico. C. El mantillo distribuido sobre la cubierta. D. Mezcla de raíces, hojas y mantillo. E. Se extiende la semolina sobre el mantillo y hojarasca. F. Se mezcla las dos capas de semolina y mantillo y hojarasca. G. Se exparce la melaza diluida en agua sobre la mezcla de mantillo y semolina. H, I. Se toma una muestra y comprueba humedad, J, K y L. Se almacena en estañón, se compacta, se cierra y se deja que ocurra el proceso de fermentacion anaeróbica. Fuente: Productor Álvaro Castro Gómez D.E.P.



Figura 38. Microorganismos en proceso de fermentación, finca del productor Álvaro Castro Gómez D.E.P.



Figura 39. Área de producción de biofermentos, finca del productor Álvaro Castro Gómez D.E.P.

Producción de microorganismos (MM) en medio líquido

La elaboración se realiza una vez que se tengan los microorganismos sólidos en semolina. El proceso se inicia tomando en un balde de 20 litros, el equivalente en microorganismos sólidos, los que se colocan en un saco plástico. En un estañón de 200 litros se agregan 80 litros de agua, 4 litros de melaza disuelta en agua y

10 litros de suero o 2 de leche, se agita bien y se agregan 50 litros más de agua, para llegar a un volumen de aproximadamente 155 litros. Posteriormente se coloca el saco plástico con los microorganismos dentro del estañón y se procede a mezclar en forma vigorosa, luego se ajusta el volumen a 185 litros, guardando espacio para los gases, estos componentes se agitan otra vez en forma vigorosa. Luego se tapan en forma hermética para que se inicie la producción de microorganismos líquidos, llevará una válvula con una manguera conectada a una botella de 2 litros con agua hasta la mitad siguiendo el método descrito, en las Figuras 34, 35 y 36.

El uso de los microorganismos líquidos se podrá iniciar a partir de los 6 días, de acuerdo a la predominancia microbiana descrita en el Cuadro 10. Esto es importante tenerlo en cuenta para la aplicación, ya que si se utiliza la solución de microorganismos en los diferentes momentos, se liberará mayor diversidad biológica al suelo, favoreciendo la supresión de patógenos y el desarrollo de los equilibrios microbiológicos del suelo. En este documento se propone 185 litros, sin embargo, las cantidades a elaborar deben ser de acuerdo a las necesidades del productor (Cuadro 9) (Figura 40).



Figura. 40. Microorganismos líquidos en proceso de producción.

Cuadro 9. Componentes para la elaboración de MM líquidos.

Cantidad en litros	Descripción
20 litros	Microorganismos sólidos puestos en una malla antiáfidos o saco de plástico. (20 litros equivalen a un balde de 20 litros)
8 litros	Melaza
10 litros	Suero
160 - 170 litros	Agua para ajustar el total del volumen del estañón
	Se deja por seis días. Luego tener en cuenta para su uso la predominancia microbiana dependiendo del tiempo y del pH
Dosis	1 litro al follaje o bien 10 litros al suelo

Cuadro 10. La población microbiológica de la solución de microorganismos varía en el tiempo conforme varían las características bioquímicas del producto, de este modo se tendrá la siguiente composición:

Tiempo en días	Microorganismos predominantes	Si lo aplicamos en este periodo
4 a 10	Hongos	Liberan mayormente hongos
10 a 15	Bacterias	Liberan mayormente bacterias
15 >	Levaduras	Liberan principalmente levaduras

Pasto fermentado

Una vez que se elaboran los microorganismos líquidos, se tiene parte de la materia prima para elaborar el pasto fermentado, el cual se hace con 80 % de semolina, 20 % de pasto y 8 litros de melaza. La elaboración de esta alternativa para los biofermentos, se lleva a cabo sobre una superficie limpia, donde se distribuyen en capas la semolina y el pasto picado. La producción se inicia con la obtención del pasto, la elección del mismo dependerá del acceso que se tenga a estos, los tiempos de corta cambian con las variedades, lo deseable es que sea tierno, por lo que debe encontrarse entre los 25 y 30 días de rebrote, cuando se trata de un pasto de pastoreo y si se trata de un pasto de corta, deberá estar entre los 56 y 64 días después del rebrote, momento en que los pastos tienen mayor

disponibilidad de nutrientes. El pasto se debe cortar arriba de los 8 cm cuando es rastrero o arriba de 20 cm cuando es de porte erecto, ya que debajo de esta altura, se concentran los nutrientes de reserva que permiten el rebrote. Entre las variedades de pastoreo se encuentran el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), y guinea (*Panicum máximum*); de corta están el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) king grass (*Pennisetum* sp), pará (*Brachiaria mutica*), Ryegrass (*Lolium* sp).

Una vez que se tiene el adecuado, se procede a cortarlo y transportarlo al sitio donde se elaborara el pasto fermentado, deseable con una picadora o bien con el uso del cuchillo se procede a picarlo. Una vez que se cuente con los 20 kg de pasto picado, se procede a distribuirlo sobre una superficie limpia, alternando e iniciando con capas de pasto, siguiendo con capas de semolina. Estas se van humedeciendo, conforme se distribuyen los componentes, con 4 litros de melaza disuelta en 4 litros de agua. Una vez distribuidos los materiales, se procede a la mezcla, mientras se continúan humedeciendo con melaza, con el cuidado de que la humedad no sobrepase entre el 30 al 40 %. En caso necesario se hace la prueba del puño. Se continúa mezclando hasta alcanzar la mayor homogeneidad posible, una vez logrado esto, se procede a colocar la mezcla en un estañón de 200 litros de capacidad con cierre hermético. Mientras se empaca se va compactando con un instrumento pesado, ya que la fermentación es anaeróbica, y no debe entrar oxígeno. Como en los casos anteriores, llevará una válvula con una manguera conectada a una botella de 2 litros con agua hasta la mitad. Una alternativa cuando no se cuenta con estañón de cierre hermético, es el uso de una bolsa de plástico grueso, sin huecos, de las llamadas jardineras o bien una bolsa u funda de ensilaje, las que son muy grandes. La mezcla se coloca igual dentro de la bolsa compactándola, al final se cierra muy bien para evitar la entrada de oxígeno, en caso necesario se puede usar doble bolsa. Si se cuenta con un estañón sin cierre hermético, se pone dentro de él para evitar que se rompa o sufra daño de animales, siempre es recomendable cerrar muy bien el estañón (Figura 41, Cuadro 11).

La calidad del producto se debe comprobar al final del proceso, caracterizándose por un olor agradable, semejante a la fermentación alcohólica, en caso de existir malos olores, indicará que el proceso no se realizó de la forma apropiada. El estañón debe permanecer cerrado, porque de lo contrario se pueden introducir moscas y generar gusaneras. Esto puede ocurrir en cualquier fermentación donde el manejo no sea el adecuado.



Figura 41. Pasto fermentado en proceso de mezcla.

Cuadro 11. Componentes para la elaboración del pasto fermentado un sustituto para el estiércol (boñiga) en la preparación de biofermentos.

Cantidad	Descripción
20 kg	Pasto picado
80 kg	Semolina
4 litros	Melaza
4 litros	Microorganismos líquidos (MM)

Biofermento de fósforo

Procedimiento

Una vez se cuenta con los microorganismos líquidos, pasto fermentado, y con materias primas de origen natural (minas), como la roca fosfórica y las sales de potasio, magnesio, manganeso o bien productos naturales como la harina de hueso, la harina de pescado o ceniza, se tienen los compuestos para la producción de biofermentos.

El biofermento de fósforo o bien cualquier otro, se hace colocando en un estañón, 20 litros de suero, 40 litros de agua sin cloro, 4 litros de melaza disuelta en agua, 10 litros de microorganismos de montaña líquidos, 20 litros de pasto fermentado y 8 kg de roca fosfórica en agua (componente que cambiará dependiendo del biofermento que se elabore), estos productos una vez en el estañón se agitan en forma vigorosa, luego se agrega 83 litros de agua, para ajustar aproximadamente a 185 litros de solución, para dejar espacio libre a los gases que se generan, se vuelve a agitar bien. Al finalizar, el estañón se cierra herméticamente y se procede a colocar la válvula de escape de gases, para iniciar la fermentación anaeróbica. La mezcla se deja reposar durante 25 a 30 días, a temperatura ambiente y bajo sombra, después de este periodo se puede utilizar (Cuadro 12) (Figura 42).

Cuadro 12. Componentes para la elaboración del biofermento de fósforo.

Cantidad	Materiales
20 litros	Suero
40 litros	Agua sin cloro
4 litros	Melaza
10 litros	Microorganismos
8 kg	Roca fosfórica
93 litros	Agua sin cloro para alcanzar un volumen de 185 litros
10 kg	Pasto fermentado, este puede ser dentro el estañón o bien en un saco

La calidad del biofermento siempre debe ser verificada. Uno de los indicadores que se pueden usar es el color, tonos violetas y azules no son deseables e indican que el biofermento está dañado; el adecuado es un color ámbar. El olor debe ser agradable, a fermento, olores fuertes a putrefacción son un indicador de que algo falló en el proceso y el producto debe de ser descartado. El cierre después de usarlo debe ser seguro, para evitar la introducción de insectos, principalmente moscas y con ello la formación de gusaneras.



Figura 42. A. Biofermento de fósforo. B. Biofermento de potasio.

Biofermentos de potasio, magnesio, boro, orikta, manganeso y zinc

El biofermento de potasio, se describe en el Cuadro 13 y se elabora de modo semejante en los componentes y procedimiento al de fósforo (Cuadro 12), solo que se cambia la roca fosfórica por 8 kg de sulfato de potasio como elemento único, el cual se disuelve en agua tibia, al igual que el resto de sales (Figura 42). El resto de los biofermentos de cada uno de los nutrimentos, se elaboran igual, solo cambiando la sal o la materia prima a usar, con la excepción del manganeso y zinc, en el cual se elaboran juntos en un solo biofermento y se utilizan 4 kg de sulfato de manganeso y 4 kg de sulfato de zinc tal y como se muestra en el Cuadro 14. En el caso del boro, se prepara utilizando 8 kg de bórax. El calcio se producirá usando 12 kg de sulfato de calcio. El biofermento de sílice se elabora a partir de 8 kg de orikta (complejo natural que se extrae de minas, rico en sílice). Para el caso del biofermento de magnesio, este se produce usando 25 kg de sulfato de magnesio (Figura 43).

Cuadro 13. Componentes para la elaboración del biofermento de potasio.

Cantidad	Materiales
20 litros	Suero
40 litros	Agua sin cloro
4 litros	Melaza
10 litros	Microorganismos líquidos
8 kg	Sulfato de potasio
93 litros	Agua sin cloro para alcanzar un volumen de 185 litros
10 kg	Pasto fermentado, este puede estar dentro del estañón o bien en un saco

Cuadro 14. Componentes para la elaboración del biofermento manganeso y zinc.

Cantidad	Descripción
20 litros	Suero
40 litros	Agua sin cloro
10 kg	Pasto fermentado puede estar dentro del estañón o bien en un saco
4 litros	Melaza
10 litros	Microorganismos líquidos
4 kg	Sulfato de manganeso
4 kg	Sulfato de zinc
93 litros	Agua sin cloro para alcanzar un volumen de 185 litros

La elaboración de biofermentos ricos en sílice, se pueden hacer con productos naturales como la granza de arroz o bien como la orikta o la zeolita, que son complejos naturales que se extraen de minas: contienen elementos como el óxido de silicio en mayor concentración y otros como el hierro, magnesio, azufre, potasio, sodio, calcio, en bajos porcentajes (PMMR, 2015). En agricultura orgánica, estas materias primas que se les puede usar aplicadas al suelo o en la elaboración de biofermentos, al igual que todos los productos que se usan en el manejo de los cultivos. Están regulados, tanto en el área agrícola como pecuaria, por el Instituto de Revisión de Materiales Orgánicos (OMRI, 2015). La granza de arroz se somete a un proceso de quemado y se usan las cenizas, que en agricultura orgánica se les denomina harinas de granza de arroz, para hacer biofermentos o para nutrir el suelo.



Figura 43. A. Biofermento de magnesio. B. Biofermento de sílice. C. Biofermento de calcio.

Biofermento de roca fosfórica más azufre

Procedimiento

Sábila picada y triturada, seis kg, 60 litros de agua, 20 litros de microorganismos líquidos, 4 litros de melaza, 10 litros de suero o 2 litros de leche, se colocan en un estañón de 200 litros, con agitación constante. En un balde se mezcla el azufre en 6 litros de agua, se deshacen los grumos que se forman, luego se agrega al estañón; se repite la acción con la roca fosfórica, teniendo los componentes en el estañón, se agitan en forma vigorosa y se agregan 42 litros más de agua, luego se agrega los 20 litros de pasto fermentado ya sea en saco o vaciado en la mezcla, a continuación, se ajusta el volumen en 185 litros, dejando espacio para los gases y se agita en forma vigorosa. Concluido el proceso se procede a taparlo con cierre hermético y se coloca la válvula para control de gases siguiendo la metodología descrita anteriormente (Cuadro 15) (Figura 44).

Biofermentos ricos en fósforo y fosfitos no solo se pueden elaborar con roca fosfórica sino también con harina de hueso, la cual se obtiene a partir de la quema del hueso principalmente de bovinos. Otra alternativa lo constituye la harina de pescado elaborada a partir de remanentes.

El uso de este biofermento es múltiple, puede ser aportando un elemento como el fósforo en forma soluble y disponible para la planta, y para el manejo preventivo de las enfermedades, al activar las defensas naturales previniendo y haciendo a las plantas tolerantes a las plagas.

Cuadro. 15. Componentes para la elaboración del Biofermento de roca fosfórica y azufre.

Cantidad	Materiales
60 litros	Agua
6 kg	Sábila picada o triturada (se puede cambiar por otra planta que sea rica en nutrientes), se puede licuar
10 litros	Suero
4 litros	Melaza
20 litros	Microorganismos
12 kg	Roca fosfórica
8 kg	Flor de azufre
42 litros	Agua sin cloro para ajustar 185 litros
20 litros	Pasto fermentado en un saco
Dosis	1 litro al follaje y 4 litros al suelo por bomba de 18 litros

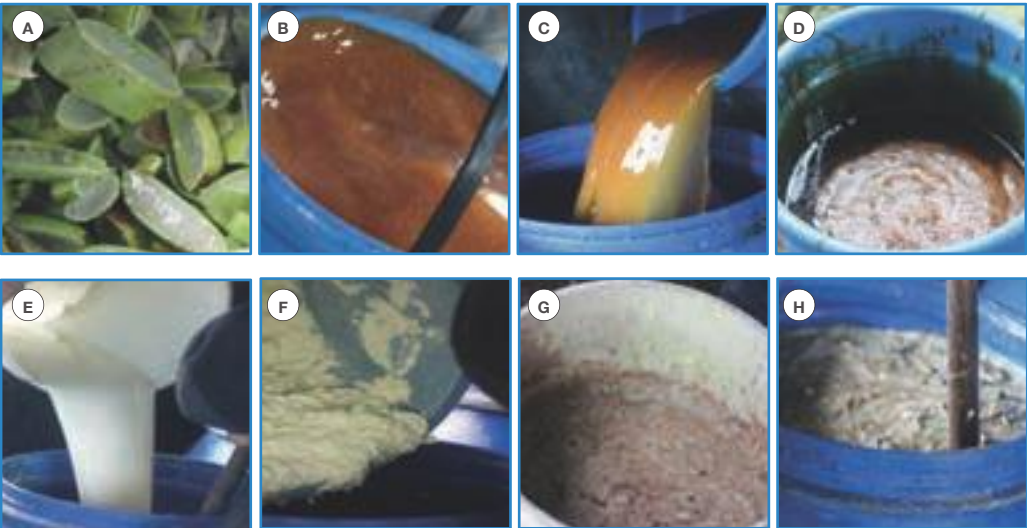


Figura 44. Elaboración de biofermento de roca fosfórica con azufre: A. Sábila picada. B y C. Microorganismos líquidos. D. Melaza. E. Leche. F. Azufre en agua. G. Roca fosfórica en agua. H. Mezcla lista y agitándose.

Preparados de biofermentos para responder a los suelos y a los cultivos

Los análisis de suelo permiten conocer su estado nutricional y así determinar sus necesidades y las cantidades a usar de los biofermentos. Sin embargo lo fundamental es abonar el suelo, para el desarrollo de un cultivo sano. Los biofermentos deben ser un complemento para el cultivo y el suelo.

Preparado para el desarrollo de los cultivos

Los cultivos de papa y hortalizas en las etapas iniciales de su ciclo vegetativo, tienen demanda por nutrimentos esenciales. Se responde con una fórmula que se elabora con los biofermentos de acuerdo a estos requerimientos y a los análisis de suelo. Los análisis foliares cuando se pueda contar con ellos son otra herramienta que permite una mejor toma de decisiones al momento de la aplicación.

El análisis de suelo descrito en el Cuadro 16 muestra un contenido alto de fósforo, por lo que este elemento debe regularse con una dosis para mantenimiento. El calcio y el magnesio deben aplicarse para regular el balance con el potasio que muestra una concentración alta. En cuanto al biofermento de manganeso más zinc es deseable producirlo solo con el Zn, porque el manganeso muestra un contenido adecuado y además se agrega con otros biofermentos, los que en general contienen cantidades de este nutriente que varían entre 26 y 287 mg/litro, (Cuadros 16, 17 y 18).

Cuadro 16. Análisis de suelo procedente de la zona norte de la provincia de Cartago, como ejemplo para el cálculo de las cantidades de biofermento que se debe agregar.

Elementos	Concentración	Descripción
pH	4,90	Acidez alta. Se debe encalar protegiendo los equilibrios
Acidez	0,45	Riesgo de toxicidad por aluminio. El manejo es por encalado.
Ca (cmol (+)/litro)	5,30	Concentración adecuada se debe mantener una proporción con respecto al potasio y el magnesio (balance)
Mg (cmol (+)/litro)	1,20	Concentración adecuada, se debe mantener balance con el calcio y el potasio
K (cmol (+)/litro)	0,75	Contenido alto, lo que ocasiona desbalance con el calcio y magnesio, por lo que se debe aplicar calcio y magnesio para regular el balance
Ca/Mg	4,45	Balanceada
Ca/K	7,60	Balanceada
Mg/K	1,69	Desbalanceada, se debe aplicar magnesio para balancearla
Ca+Mg/K	9,29	Desbalanceada, se debe aplicar Calcio y Magnesio para balancearla
P (mg/litro)	37,33	Contenido alto se reduce su uso.
Zn (mg/litro)	3,83	Contenido medio, se puede utilizar en los biofermentos
Mn (mg/litro)	34,00	Contenido adecuado, es deseable no usar el biofermento de Mn, porque este elemento lo contienen los otros biofermentos
Cu (mg/litro)	24,00	Contenido medio se puede usar en los biofermentos
Fe (mg/litro)	196,00	Contenido muy alto, no se debe usar

Cuadro 17. Cantidad de biofermentos (litros) que se agregan para la elaboración de un multimineral para el cultivo de papa de acuerdo al análisis de suelo Cuadro 16.

Elemento	Cantidad de biofermento en litros
Fósforo	2
Manganeso y Zinc	2
Magnesio	5
Boro	2
Sílice	2
Calcio	6
De la mezcla final de biofermentos se toma entre 350 - 800 ml por bomba de 18 litros para asperjar el cultivo.	

Cuadro 18. Cantidad de biofermentos (litros) en multimineral para cultivos hortícolas.

Elemento	Cantidad de biofermento en litros
Fósforo	2
Potasio	1
Magnesio	5
Boro	2
Calcio	6
Sílice	2
De la mezcla final de biofermentos se toma entre 350 - 800 ml por bomba de 18 litros para asperjar el cultivo.	

Preparado para engruese

Los cultivos demandan nutrimentos esenciales en las etapas de llenado y que le permitan soportar y mantener la cosecha. Para esto, se prepara una mezcla de biofermentos denominada fórmula para engruese, la que se describe en el Cuadro 19. El fósforo se reduce por su alto contenido, por esta misma razón se debe descartar el potasio porque de agregarlo se pueden incrementar los desbalances con el calcio y el magnesio. Estos dos elementos se agregan para mejorar los equilibrios con el potasio.

Cuadro 19. Preparación de fórmula para engruese.

Elemento	Cantidad de biofermento en litros
Fósforo	2
Potasio	0
Magnesio	4
Boro	4
Calcio	5
Sílice	1
De la mezcla final de biofermentos se toma entre 350 - 800 ml por bomba de 18 litros para asperjar el cultivo.	

En frutales como aguacate y otros

En estos cultivos las mezclas de los biofermentos se deben preparar en función de la fenología anual del árbol, considerando las fases de crecimiento vegetativo, floración y fructificación.

Los frutales como el aguacate una vez pasada la cosecha, el árbol comienza a prepararse para crecimiento vegetativo y la floración, es una época de demanda de nutrimentos por lo que se debe abonar el suelo y complementar la nutrición con los biofermentos, protegiendo los equilibrios del suelo. En este caso el suelo muestra déficit de fósforo por lo que se debe agregar en la mezcla, el potasio se reduce porque muestra alta concentración, el calcio y el magnesio igual se debe incluir para equilibrar estos elementos con los altos contenido de potasio, en cuanto al sílice y boro, estos no los determina el análisis de suelo, sin embargo los cultivos normalmente muestran deficiencia de estos elementos. Estas fórmulas de preparados se deben ir modificando de acuerdo a cada finca, respuesta del cultivo y experiencia del productor (Cuadros 20, 21, 22 y 23).

Cuadro 20 Análisis de suelo procedente de la zona de Los Santos de la provincia de San José, como ejemplo para el estimado de las cantidades de biofermento que se debe agregar.

Elementos	Concentración	Descripción
pH	6,60	Acidez óptima. El Ca y el Mg se agregan como sulfato de calcio y de magnesio
Acidez	0.1	No hay riesgos de toxicidad por aluminio
Ca (cmol (+)/litro)	8,87	Contenido medio de este elemento, se debe mantener una proporción con respecto al potasio y magnesio
Mg (cmol (+)/litro)	3,77	Contenido adecuado, se debe mantener la proporcionalidad con potasio y calcio
K (cmol (+)/litro)	0,90	Contenido alto, sin embargo las relaciones con calcio y magnesio se muestran balanceadas
Ca/Mg	2,45	Balanceada
Ca/K	11,22	Balanceada
Mg/K	4,77	Balanceada
Ca+Mg/K	15,98	Balanceada

Elementos	Concentración	Descripción
P (mg/litro)	3,67	Concentración muy baja se debe aplicar
Zn (mg/litro)	8,03	Concentración media, se puede usar en los biofermentos para mantener los niveles en el suelo
Mn (mg/litro)	6,67	Concentración media pero cerca del nivel crítico, por lo que debemos agregarlo en el biofermento
Cu (mg/litro)	3,67	Concentración baja, por debajo del nivel crítico. Se debe agregar
Fe (mg/litro)	34,33	Concentración alta. No se debe agregar a los biofermentos

Cuadro 21. Ejemplo preparación de fórmula para crecimiento vegetativo y prefloración, esta debe ser de acuerdo al análisis foliar y de suelo.

Elemento	Cantidad de biofermento en litros
Fósforo	5
Potasio	1
Magnesio	4
Boro	4
Calcio	5
Sílice	1

De la mezcla final de biofermentos se toma de 350 - 800 ml por bomba de 18 litros para asperjar el cultivo.

Cuadro 22. Ejemplo de preparación de fórmula para engruese, esta debe ser de acuerdo al análisis foliar y de suelo.

Elemento	Cantidad de biofermento en litros
Fósforo	4
Potasio	1
Magnesio	4
Boro	2
Calcio	6
Zn+Mn	1
Cu	1
Sílice	1

De la mezcla final de biofermentos se toma de 350 - 800 ml por bomba de 18 litros para asperjar el cultivo.

Biofermento Súper-Magro

Este biofermento se elabora por fermentación anaeróbica de la boñiga (estiércol bovino) junto con agua sin cloro, melaza, leche o suero. En este biofermento se agregan todos los nutrimentos, como sales minerales, roca fosfórica y ceniza, entre otros materiales, su preparación igual debe responder a las necesidades del suelo y del cultivo (Cuadro 23).

Cuadro 23. Ingredientes y materiales para la preparación del súper-Magro (Restrepo 2001)

Cantidades	Ingredientes	Materiales
40 litros	Boñiga (2 baldes de 20 litros)	
30 litros	Melaza (o jugo de caña)	
28 litros	Leche (o suero)	
2.6 kg	Roca fosfórica	1 Estañón plástico de 200 litros con tapa y cierre hermético
1,3 kg	Ceniza	
2 kg	Sulfato de zinc	2 baldes plásticos de 20 litros
2 kg	Cloruro de calcio	1 termómetro
2 kg	Sulfato de magnesio	1 pedazo de manguera de 1 m de largo de ½ pulgada de diámetro
300 g	Sulfato de manganeso	1 Niple o válvula de acople rápido de plástico de 16 mm de diámetro
50 g	Cloruro de cobalto	1 botella desechable
100 g	Molibdato de sodio	1 Colador tipo cocina, malín o malla antiáfidos para colar
1,5 kg	Bórax	
300 g	Sulfato ferroso	
300 g	Sulfato de cobre	
1	Regla de madera para mover la mezcla	

Cuadro 24. Orden cronológico para preparar el súper Magro, enriquecido con minerales (Restrepo 2001).

Días	Ingredientes	Adición de minerales
1 ^{er} día	● Un recipiente plástico de 200 litros ● Agregar 40 litros de estiércol fresco de vaca o pasto fermentado ● Cuando se elabore con pasto fermentado se agregan 10 litros de microorganismos sólidos ● 70 litros de agua no contaminada ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña ● Se mezclan y luego se dejan en reposo	
4 ^{to} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña ● Una vez disuelta la sal se agregan en el mismo balde se mezclan y luego se agregan en el estañón y se agita bien, luego se deja en reposo	1 kg de sulfato de zinc. En un balde plástico se pone agua tibia y se disuelve la sal.
7 ^{mo} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña ● Una vez disuelta la sal se agregan en el mismo balde se mezclan y luego se agregan en el estañón y se agita bien, luego se deja en reposo	1 kg sulfato de zinc. En un balde plástico se pone agua tibia y se disuelve la sal.
10 ^{mo} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña	1 kg cloruro de calcio. Se repite el procedimiento.
13 ^{er} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 l de jugo de caña	1 kg sulfato de magnesio. Se repite procedimiento.
16 ^{to} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza. ● 2 litros de leche o suero. ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña.	1 kg sulfato de magnesio. Se repite procedimiento.
19 ^{no} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza. ● 2 litros de leche o suero. ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña.	1 kg de cloruro de calcio. Se repite procedimiento.

Días	Ingredientes	Adición de minerales
22 ^{avo} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña	300 g de sulfato de manganeso. Se repite procedimiento.
25 ^{avo} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña	50 g sulfato de cobalto. Se repite procedimiento.
28 ^{avo} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña	100 g molibdato de sodio. Se repite procedimiento.
31 ^{er} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña	750 g bórax. Se repite procedimiento.
34 ^{to} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña ● Se repite procedimiento	750 g bórax. Se repite procedimiento.
37 ^{mo} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña	300 g sulfato de hierro. Se repite procedimiento.
40 ^{mo} día	● 200 g de roca fosfórica ● 100 g de ceniza ● 2 litros de leche o suero ● 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña ● Completar el volumen total del recipiente hasta los 180 litros y esperar por 10 a 15 días de fermentación, para luego pasar a usarlo asperjado sobre los cultivos o al suelo	300 g sulfato de cobre. Se repite procedimiento.
	Se deja 10 a 15 días en reposo a la sombra, hasta su uso.	
	El estañón debe permanecer siempre a la sombra protegido del sol y la lluvia.	

Después de los 10 o 15 últimos días de reposo, el biofermento está listo para ser colado y aplicado en los cultivos, en dosis que pueden variar entre el 2 y el 4 %.

La dosis a usar varía con el análisis foliar y de suelo, oscila entre el 1 y el 2% en hortalizas de hoja.

Entre el 2 y el 3% en tomate chile y otras hortalizas que se cosecha fruto.

Se puede llegar a usar dosis mayores, pero esto lo debe ir determinando el productor en el manejo y de acuerdo a las necesidades del suelo y del cultivo.

Bioestimulantes

Estos son biofermentos elaborados a partir de plantas seleccionadas. Estos vegetales, a través del proceso de fermentación, liberan las sustancias que contienen a la solución. Entre estas se encuentran manitol, ácido algínico, laminarina, aminoácidos como ácido glutámico, alanina, fenilalanina, glicina, prolina, lisina. Además, contiene citoquininas, auxinas y giberelinas. El uso de estos productos favorecerá una mayor actividad fotosintética y el crecimiento vegetativo y radicular. Estimula el desarrollo de plantas vigorosas, sanas con sistemas de defensa activos y con mayor capacidad productiva. Además tendrán acción sobre plagas insectiles. En los cuadros 21 y 22 se muestran ejemplos de bioestimulantes usados por los productores.

Los Cuadros 25 y 26 presentan ejemplos de bioestimulantes, el primero elaborado por un productor orgánico, y el segundo el M5. Esto muestra que la creatividad del agricultor es trascendental, dentro de los sistemas de producción orgánica, porque el uso de lo que tiene a su alrededor es importante (Figuras 43 y 44).

Cuadro 25. Componentes de bioestimulante productor Álvaro Castro Gómez D.E.P.

Cantidad	Tipo de material.
20 litros	Agua sin cloro
10 kg	Plantas medicinales
4 litros	Guaro cacique
4 litros	Vinagre de guineo
10 litros	Suero
10 litros	Microorganismos líquidos
1 kg	Cebolla morada
1 kg	Zanahoria
100 g	Levadura
6	Cabezas de ajo
500 g	Chile picante
4 litros	Melaza
20 litros	Agua sin cloro
	Esta mezcla se lleva a 85 litros en un estañon de 100 litros
Dosis	Se usa a dosis de 250 a 500 ml por bomba

Cuadro 26. Componentes Biofermento M5 fermentado de plantas con microorganismos.

100 litros	Un estañón plástico con cierre hermético
30 litros	Agua pura
20 litros	Microorganismos líquidos
2 kg	Ajos
2 Kg	Chile picante
2 kg	Cebolla morada
2 kg	Jengibre
0,5 kg	Apazote
0,5 kg	Romero
0,5 kg	Ruda
0,5 kg	Yanten
0,5 kg	Ortiga
8 litros	Melaza
4 litros	Vinagre casero
8 litros	Guaro
	Resto de agua dejando espacio para los gases
Dosis	Se usa a dosis de 250 a 500 ml por bomba

Procedimiento para la elaboración de un bioestimulante

La elaboración de los bioestimulantes se realiza usando equipo limpio, se inicia con la recolección de plantas en el campo, éstas se cortan con cuchillos o tijeras, se colocan en recipientes limpios, y se llevan al sitio donde se hará el bioestimulante. Posteriormente con tijeras o cuchillos se pican, se pesan y se ponen en baldes. Luego se depositan en un estañón plástico de 100 litros junto 40 litros de agua, 10 litros de suero, 20 litros de pasto fermentado, 10 litros de microorganismos líquidos, 4 litros de melaza disueltos en agua. Luego se agrega el resto de agua y se agita en forma vigorosa. Una vez terminado el proceso, se procede a cerrar el estañón con la tapa, se coloca la manguera en una botella con agua para la salida de los gases y se deja en un lugar a la sombra (Figuras 45 y 46).



Figura 45. Elaboración de un bioestimulante. A, B y C. Picado de las plantas. D. Sábila triturada. E. plantas picadas se ponen en el estañón. F. Se agrega melaza. G. Pasto fermentado. H. Microorganismos líquidos. I. Se agrega microorganismos líquidos. J. Se agrega leche. K y L. Se agita la mezcla en el estañón. Productor Álvaro Castro Gómez D.E.P.



Figura 46. A. Plantas de romero (*Rosmarinus officinalis*). B. Plantas de higuera (*Ricinus comunis*). Especies que se pueden utilizar en la elaboración de bioestimulantes.

Uso y formas de aplicación de biofermentos y bioestimulantes

Los biofermentos y los bioestimulantes, se pueden aplicar tanto al suelo como a las plantas o a ambos. Si se aplica al suelo, se puede hacer en el agua de riego en una concentración de 10 a 30 %, o con bombas de espalda a razón de 1 a 4,5 litros/bomba de 18 litros (en aplicaciones al suelo, no excederse del 30 %). En aplicaciones foliares se usa en concentraciones de 1 a 10 %, es decir, de 150 ml a 1,5 litro por bomba de 18 litros se pueden hacer de 3 a 4 aplicaciones durante el ciclo del cultivo, aunque esto variará de acuerdo a cada sistema de producción, el cultivo y los análisis de suelo.

Ventajas de los abonos líquidos o biofermentos

Una es que se pueden aplicar con el agua de riego. Además es importante su composición rica en vitaminas, hormonas ácidos húmicos y fúlvicos y elementos nutritivos. Estas cualidades hacen que su uso promueva el equilibrio nutricional del suelo, tanto químico como biológico, al proporcionar energía y nutrientes que incrementan la vida microbiana. Estos aportes mejoran la fertilidad del suelo y estimula el desarrollo de las raíces, con lo que se hace más efectiva la asimilación

de los elementos nutritivos, entre ellos, el fósforo, potasio, magnesio y calcio, los cuales mejoran el balance nutricional de las plantas. Los biofermentos contribuyen así, a que las plantas sean tolerantes al ataque de plagas y enfermedades. Esto es por lo que se les atribuye acción repelente, fungicida e insecticida. Además, aumentan la producción y mejoran la calidad de los productos, garantizando al agricultor mayor aceptación en los mercados.

TRANSICIÓN A LA AGRICULTURA ORGANICA

Es el periodo o plazo que debe transcurrir entre la transformación de un sistema de producción convencional a un sistema orgánico, de acuerdo con un plan debidamente establecido.

La transición de convencional a orgánico se debe iniciar con un cambio en la concepción del sistema de producción, componentes y recursos. Se prepara y presenta un plan de manejo, para lo que es recomendable elaborar un croquis o mapa que describa las características de la finca, como topografía, condiciones físico químicas y biológicas del suelo, contenido de materia orgánica, drenaje entre otras. Además se debe elaborar un listado por cultivo de insumos químicos, dosis y frecuencia de uso.

El paso hacia la agricultura orgánica no debe ser acelerado, ni se hace de un momento a otro, todo lo contrario es un cambio gradual donde se debe ir modificando lentamente el sistema de producción de la finca. Fundamental es la recuperación del suelo, de sus equilibrios biológicos y de la entomofauna que lo rodea. Esto se logra con la materia orgánica rica en lignina y celulosa, captura producción y liberación de microorganismos en el suelo, los que al degradar la materia orgánica forman grumos y mejoran el suelo, su bioestructura y con esto su fertilidad. La entomofauna se recupera generando las condiciones para que existan plantas que alimenten y den albergue a los insectos y a los enemigos naturales, lo que conduce en el tiempo al equilibrio. Este cambio de sistema de producción puede lograrse mediante alguna de las siguientes opciones o métodos.

Uno es la transformación parcial también llamada horizontal, este se puede llevar a cabo tomando una pequeña área del total de la finca, en la que se inicia el manejo orgánico. Esta transformación para que sea efectiva y evitar interferencia, del manejo convencional, debe establecerse un manejo integrado de plagas en el resto de la finca, junto con un plan de reducción del uso de agroquímicos. El área elegida se expande año a año hasta llegar a cubrir la totalidad de la finca, con el sistema de producción orgánico (Castañeda 1995, Trujillo 1995).

Otra opción es el método vertical en el cual la reducción de los agroquímicos es gradual en toda la finca, esta modalidad se puede realizar por etapas y primero se dejan de utilizar los herbicidas, los plaguicidas de mayor toxicidad, los abonos que contengan cloruros, superfosfatos, sulfatos de amonio y urea. En una segunda etapa, el resto de plaguicidas. En la última fase se eliminan las piretrinas y los abonos foliares de síntesis química (Castañeda 1995, Trujillo 1995).

La agricultura orgánica se fundamenta en la diversidad de cultivos y se contrapone al monocultivo, por tanto se debe planificar sistemas de producción con programas de rotación y asociación, con los cultivos adecuados y de acuerdo a la demanda de los mercados, de tal forma que se obtenga el producto deseado, en la época correcta y que responda a la demanda de los consumidores. En el proceso de transición se debe tomar en cuenta el sistema de producción de los vecinos, porque de ser convencional, se deberá elaborar una estrategia para evitar la contaminación de la finca que está en proceso de transición.

Sin considerar cual método se elija para la transición ésta deberá cumplir con lo descrito en la Ley 8542 de desarrollo, promoción y fomento de la actividad agropecuaria orgánica.

En el momento que se quiera comercializar los productos como orgánicos, se deberá certificar la finca, para ello, esta tendrá que permanecer durante tres años sin el uso de insumos sintéticos o bien de los no permitidos por la producción orgánica, de acuerdo a un plan de transformación de finca y a los principios y normas establecidas en la ley 8542. En el caso de fincas en las que el productor pueda demostrar junto con la agencia certificadora, que sus terrenos provienen de un bosque virgen, o que han sido dejados en regeneración, descanso, abandono, repasto o potrero, y no se ha dado la aplicación de productos sintéticos o no permitidos en la producción orgánica, por no menos de tres años antes de la cosecha, podrá certificarse como orgánico, en forma inmediata, sin tener que ser declarado antes como “en transición”. Además, podrá decretarse un periodo inferior a tres años, según especificaciones técnicas de los cultivos y de la residualidad de los productos de síntesis química que se hayan utilizado.

Las personas que se dediquen a la producción orgánica podrán utilizar la certificación participativa para comercializar sus productos en el mercado nacional, utilizando la denominación de “producto orgánico nacional”. El objetivo de este sistema de certificación participativa es promover la comercialización de productos orgánicos por medio de relaciones directas productor consumidor, en ferias convencionales o especializadas, puntos de venta, servicio a domicilio y venta a instituciones, entre otros.

No obstante, la transición es posible, su éxito no estará asegurado si el agricultor no está convencido de la necesidad de este cambio, si esto no es así, la transición estará destinada al fracaso.

Rotación y asociación de cultivos

En la recuperación de suelos y en la producción orgánica, es recomendable la rotación de cultivos, la cual debe ser hecha en forma técnica, de tal manera que los cultivos, generen un beneficio mutuo, así como una mejora en la relación suelo-planta. Además la mejora y/o conservación de la bioestructura del suelo, y con ello, todas las otras características asociadas a esta propiedad, como son la porosidad, infiltración y la vida microbiana entre otras (Rodríguez *et al.* 1994).

La asociación implica la producción usando dos o más cultivos, donde sean complementarios y se haga el mejor aprovechamiento del suelo, generando sinergismos y complementariedades, además, que permitan un mayor equilibrio en la entomofauna, llevando a un incremento de la fauna benéfica y con ello a la reducción de las plagas en el agroecosistema.

Tipos de rotación y asociación de cultivos

- Cultivos intercalados: es la siembra de dos o más cultivos en un mismo campo, siguiendo surcos independientes pero vecinos.
- Cultivos en franjas: consiste en la siembra de dos o más cultivos en un mismo campo alternando en franjas.
- Cultivos mixtos: cuando se siembran dos o más cultivos en el mismo campo sin organización de franjas o surcos.
- Cultivos de relevo: es la siembra dos o más cultivos en secuencia, sembrando o trasplantando el segundo antes de la cosecha del primero, siguiendo como propósito el mejor aprovechamiento de la tierra y el abonado verde.
- Asociación intensiva: Cuando se combinan dos o más cultivos que se intercalan desde la siembra y se utilizan además cultivos de relevo. (Figura 47).



Figura 47. Finca orgánica del productor Álvaro Castro Gómez D.E.P. mostrando la asociación de cultivos.

LITERATURA CITADA

Acuña, O. 2002. El uso de coberturas y abonos verdes en la Agricultura Orgánica. Memoria del II Encuentro de Investigadores en Agricultura orgánica. Turrialba, Costa Rica. 107 p.

Acuña, O; Peña, W; Serrano, E; Pocasangre, L; Rosales, F; Delgado, E; Trejos, J; Segura, A. 2006. La Importancia de los microorganismos en la calidad y salud de los suelos bananeros. *In* Memorias de XVII Reunión Internacional de ACORBAT, Santa Catarina, Brasil. p. 222 – 233.

Altieri, M; Nicholls, C. 2004 Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el trópico. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* no. 73:8-20.

Amador, M. 1995. La tapa del Frijol: Una agricultura orgánica muy antigua. *Aportes* no. 109: 3-7.

Arrieché, I. 2008. Efecto de la fertilización orgánica y química en suelos degradados cultivados con maíz (*Zea mays*) en el estado de Yaracuy, Venezuela. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid. 210 p.

Artavia, S; Uribe, L; Saborío, F; Arauz, L; Castro, L. 2010. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquizque (*Xanthosoma sagittifolium*). *Agronomía Costarricense* 34(1):17-29.

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. 2006. Ley de desarrollo, promoción y fomento de la actividad agropecuaria orgánica. La Gaceta, San José, Costa Rica, oct. no. 206:64 p.

Berrangé, J; Mathers, S. 1990. Los minerales industriales no metálicos de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central* no. 11:85-89.

Bertsch, F. 1986. Manual Para Interpretar la Fertilidad de los Suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica, UCR. 76 p.

Blanco, M; Cabrera, F. 2008. Factores que afectan al proceso de compostaje. In Compostaje. Moreno, J; Moral, R (comp (s)). Madrid, España. Editorial Mundiprensa. p:93-110.

Braeuner, M; Ortiz, R; MacVean, C. 2005. Efectos de la aplicación de cal dolomítica y yeso agrícola en cafetales (*Coffea arabica*) afectados con *Mal de Viñas* en Guatemala. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* no. 76:17-24.

Cabrera, G; Robaina, N; Ponce de León, D. 2011 Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes* 34 (3):313-330.

Camacaro, L; Cascó G. 2010 Efecto de una enmienda orgánica sobre la estructura y la permeabilidad de un suelo cultivado de *Lactuca sativa*, en el estado de Lara. In XIII Congreso Agropecuario y Forestal, CONAGROF, San José, Costa Rica. p. 73-74.

Castañeda, S. 1995. De la agricultura convencional a la agricultura orgánica. *Aportes*. no. 109:18-22.

Castro, L; Flores, L; Uribe, L. 2011. Uso de enmiendas orgánicas para el control de *Meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero. *Agronomía Costarricense* 35(2):21-32.

CEE (Comunidad Económica Europea). 2008. Fertilizantes y acondicionadores de suelo. Reglamento no.2092/91. Diario Oficial de la Unión Europea. 18 set. no. 250/34.

Cogger, C; Sullivan, D; Kropf, J. 2001. Cómo hacer y usar el compost. EEUU, Oregón. OSU. 12 p.

Derry, D; Medina, D; Voroney, P. Briceño, J. 2005. Long-term effects of short-fallow frijol tapado on soil phosphorus pools in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 110(1/2):91-103.

Durango, W. 2014. Efecto de dosis crecientes de enmiendas orgánicas en un andisol y un ultisol sobre la biomasa microbiana, respiración y actividad enzimática, en condiciones de invernadero. Tesis MSc, San José, Costa Rica, UCR. 137 p.

Durán-Umaña, L; Henríquez, C. 2010 El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Mesoamericana* 21(1):85-93.

Fassbender, H. 2003. Valoración del efecto de sistemas agroforestales en la calidad del suelo y del medio ambiente en Turrialba Costa Rica. Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción orgánica. San José Costa Rica. Editorial del Norte. 250 p.

Fassbender, H. Bornemisza, E. 1994. Química de suelo con énfasis en suelos de América Latina. San José Costa Rica. IICA. 420 p.

Fuentes L. 2003. Evaluación de cinco frecuencias de volteo para la producción de compost en la finca Se-chaj, municipio de Tactic, Alta Verapaz. Tesis Lic. Guatemala. USAC. 93 p.

Gazel, E; Alvarado, G; Obando, J; Alfaro, A. 2005. Geología y evolución magmática del arco de Sarapiquí, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central* no. 32:13-31.

IHSS (International Humic Substances Society). 2016. (en línea, sitio web). Consultado 10 ago. 2016. Disponible en <http://www.humicsubstances.org>

Jara, F. 1997. Evaluación del aporte de tres leguminosas (*Cannavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *Dolichos lablab*) usadas como abono verde sobre la recuperación de suelos degradados de ladera. Honduras, EAP. 53 p.

Kolmans, E. 1995. La agricultura ecológica como base para un desarrollo rural sostenible. Consideraciones metodológicas. *In*: Simposio Centro Americano sobre Agricultura Orgánica. San José, Costa Rica. p. 319-334.

Kolmans, E; Vásquez, D. 1996. Manual de agricultura ecológica. Una introducción a sus principios básicos y su aplicación. 2 ed. La Habana, Cuba. ACTAF. 157 p.

Labrador, J; Guiberteau, A; López, L; Reyes, J. 2002. La Materia Orgánica en los sistemas Agrícolas. Manejo y utilización. Madrid, España. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Hojas divulgadoras no. 3/93.

Márquez, C; Cano, P; Rodríguez, N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura Técnica* 34(1):69-74.

Mehuys, G; Tiessen, K; Villatoro, M; Sancho, F; Lobb, D. 2009. Erosión por labranza con arado de disco en suelos volcánicos de ladera en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 33(2):205-215.

Melara, W; Del Rio, L. 1994. Uso de la labranza mínima y leguminosas de cobertura en Honduras, *In* Tapado los sistemas de siembra con cobertura. CATIE y CIIFAD. p. 57- 64.

Mósquera, M; Reyes, O; Sánchez de Prager, M; Gallego, J; Sánchez, D. 2012. Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* no. 7:53-62.

Murrel, T. 2003. Transformaciones de los nutrientes en el suelo. *Informaciones Agronómicas* no. 49:1-4.

Nogales, B. 2005. La microbiología del suelo en la era de la biología molecular: descubriendo la punta del iceberg. *Ecosistemas* 14(2):41-50.

OMRI (Organic Materials Review Institute). 2015. (en línea) Consultado 17 abril 2015. Disponible en <http://www.omri.org>

Orozco, R; Muñoz, R. 2012 Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. Tecnología en Marcha 25(1):16-31.

Pérez, A; Chamorro, L. 2012. Bacterias endófitas: una alternativa biológica para el control de *Burkholderia glumae* en el cultivo del arroz en Colombia. Revista colombiana de ciencia Animal 4(1):172-184.

Pittaway, P. 2007. Doing your own Field Trials with Composts. (en línea). Consultado 18 enero 2015. Disponible en www.grubbclc.com.au/cando%2005.doc

PMMR (Precious mineral mining and refinig) (en línea) consultado 18 enero 2015. Orykta Ficha técnica. Disponible en <http://www.pmmrcorp.com>

Primavesi, A. 1984. Manejo ecológico del suelo. 5 ed. Rio de Janeiro, Brasil. El Ateneo. 499 p.

Primavesi, A. 2004. Manejo ecológico de suelos. *In* Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción orgánica. San José Costa Rica. Editorial del Norte. 250 p.

Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares: experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. San José, Costa Rica, IICA. 157 p.

Restrepo, J. 2007. Manual práctico: El a, b, c de la agricultura orgánica y harina de rocas, Managua. SIMAS, 262 p.

Reybet, G; Bustamante, A; Reybet, C; Bramardi, S; Escande, A. 2012. Efecto sinérgico de la solarización del suelo y la aplicación de *Pseudomonas fluorescens* P190 sobre el rendimiento de tomate en invernadero. Horticultura Argentina 3(74):5-11.

Rodríguez, G; Paniagua. J. 1994 Horticultura Orgánica. San José Costa Rica, Fundación Guilombe Serie no. 1(2). 76 p.

Rodríguez, G; Soto, G. 1999. Fertilización de hortalizas orgánicas. *In* Memoria XI Congreso Nacional Agronómico/ III Congreso Nacional de Suelos, San José, CR. p. 267-275.

Rodríguez, P. 1997. Efecto de las barreras vivas y de las coberturas en la conservación de los suelos en diferentes sistemas de producción agrícola. Memoria del Taller Internacional Regional. Cali, Colombia, CIAT. 309 p

Sasaki, S; Alvarado, M; Li Kam, A. 1994. Curso Básico de Agricultura Orgánica. Alajuela, Costa Rica, UCR. 30 p.

Segura, M; Ramírez, C; Chinchilla, C; Torres, R. 2001 Uso de dos bioensayos para estimar el efecto residual y el valor nutricional de un composte hecho de la fibra de racimos vacíos de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* , Jacq) ASD Oil Palm Papers no. 22:12-16.

Sepúlveda, L; Alvarado J. 2013. Manual de compostaje. Litografía Nicolás Aristizabal. Medellín, Colombia 88 p

Soto, G. 2003. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. *In*: Memoria del curso sobre abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. San José, Costa Rica. p. 20-49.

Tamayo, A; Hincapié M. 1997. Manejo de suelos en los minifundios de ladera de la región andina mediante la rotación de cultivos establecidos en franjas en las curvas de nivel. Memoria del Taller Internacional Regional. Cali, Colombia, CIAT. 309 p.

Trujillo, G. 1995. La conversión hacia una agricultura orgánica. Agricultura Orgánica 1(1):8-11.

Uribe, L; Arauz, L; Mata, M; Meneses, G; Castro, L. 2009. Efecto del vermicompostaje sobre las poblaciones de *Colletotrichum acutatum* y *Pectobacterium carotovorum* presentes en residuos de plantas. *Agronomía Costarricense* 33(1):91-101.

Uribe, L; Castro, L. 2010. Calidad biológica e inocuidad de los abonos orgánicos. *In* XIII Congreso Agropecuario y Forestal, CONAGROF, San José, Costa Rica. p. 17.

Soto, G; Uribe, L; Guerrero, H. 2004. Determinación de la inocuidad de biofermentos a partir de boñiga, suero de leche y Melaza. *In* Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción orgánica. San José Costa Rica. Editorial del Norte. p. 46.

Vargas, F; Alfaro, A. 1992. Presencia de serpentinas, basaltos alcalinos y rocas volcánicas acidas en la zona norte-atlántica de Costa Rica. *Geológica, América Central*. 14:105-107.

Villalobos, M; Guzmán, I; Zúñiga, C. 2009. Evaluación de tres tipos de labranza en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*). *Tecnología en Marcha* 22 (2):40-50.

ABREVIATURAS

pH	Potencial de hidrógeno
1 %	1 ml en 100 ml
1 ml	0,001 litro = 1 000 μ l = 1 cm ³
cm	Centímetro
m	Metro
μ l	Microlitro
ml	Millilitro (= cc)
μ g	Microgramo
mg	Miligramo
g	Gramo
kg	Kilogramo
ppm	Partes por millón
1 ppm	1 ml en 1 000 000 ml = 1 ml en 1 000 l = 1 μ l/l
1 ppm	1 g en 1 000 000 g = 1 g en 1 000 kg = 1 μ l/kg

La reimpresión de este documento ha sido financiada por el proyecto “Fortalecimiento de la Competitividad y Desempeño Bajo en Carbono del Sector Café en Costa Rica” cofinanciado por Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible y el Fondo Multilateral de Inversiones, miembro del Grupo Banco Interamericano de Desarrollo.



Web INTA: www.inta.go.cr
Plataforma PLATICAR: www.platicar.go.cr
Web Fundecooperación: www.fundecooperacion.org