

MANUAL DE BUENAS PRACTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

Gustavo A. Enríquez

*Para reducir la pobreza en el ámbito rural es
imprescindible semillas de alta calidad, buenos abonos
orgánicos, agua y crédito adecuado en las explotaciones agrarias*

Contenido

LISTA DE FIGURAS	ii
PRESENTACIÓN	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INTRODUCCIÓN	1
DEFINICIONES Y ALGUNAS CONSIDERACIONES	2
TIPOS DE ABONOS PARA UNA AGRICULTURA LIMPIA	7
Elaboración del compost	14
BIO-ABONOS	22
Abono Tipo Bocashi	22
Purines y abonos líquidos (biol)	25
Biol para cultivos hidropónicos	29
Caldo microbiano	30
Composición del caldo microbiano	31
El vinagre de madera	32
Residuos de la biodigestión	33
Plantas vivas y desechos, como abono	34
Cultivos de cobertura o asociados	36
Lumbricultura o vermicultura	42
Caldo micro-biológico o microbiano	47
Abonos de fermentación aeróbica	49
Fertilizantes foliares	49
EL SUELO PARA CULTIVOS	51
Características químicas del suelo	51
Fertilidad del suelo	51
Acidez del suelo	51
Capacidad de Intercambio Catiónico	52
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO	53
Características de la materia orgánica	53
Macroorganismos del suelo	54
Microorganismos del suelo	54
Los elementos nutritivos esenciales para un cultivo	55
Relaciones planta suelo	58
Funciones y deficiencias de los nutrimentos	59
Micro nutrimentos	64
LITERATURA CONSULTADA	69
GLOSARIO DE TÉRMINOS	73

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Contenido de nutrimentos de algunos materiales orgánicos
- Cuadro 2. Contenido de elementos menores en algunos recursos orgánicos
- Cuadro 3. Conversión de los subproductos del café y materiales orgánicos en compost
- Cuadro 4. Composición química de los compost de pulpa y cáscara de café.
- Cuadro 5. Relación Carbono:Nitrógeno de algunos materiales de fácil adquisición en Ecuador 2001.
- Cuadro 6. Contenido de nutrimentos de algunas purinas, producidas en los Andes ecuatorianos. 1997.
- Cuadro 7. Composición química de un biol.
- Cuadro 8. Composición química de un caldo microbiológico.
- Cuadro 9. Composición de abonos como resultado de la bio digestión de los excrementos de tres animales. Adaptado de datos en Costa Rica.
- Cuadro 10. Escala de pH empleada por el laboratorio de Suelos del INIAP.
- Cuadro 11. Guía para la interpretación de los niveles de elementos en la clasificación nutricional del suelo.
- Cuadro 12. Estimado de fertilizantes orgánicos para aplicación en el suelo, expresado en kg/ha.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Relación sombra-fertilidad. Respuesta práctica del efecto de la sombra sobre la productividad, en tres condiciones del suelo. Tomado de P. de T. Alvim. (Ilustración: Galo Tabango).
- Figura 2. Planta de macuna, con flores y frutos. Es una rastrera amigable con otros cultivos y muy apreciada. (García et al. 1997).
- Figura 3. Dibujo y fotografía de la canavalia (*C. ensiformis*). Planta muy protectora del suelo y que ayuda a su fertilidad. (García et al. 1997).
- Figura 4. Dibujo esquemático de una planta y sus partes de zarandaja (*Dolichos lablab*). A. rama con flores. B. flor. C. vaina. D. semilla (León 1987).

- Figura 5. Esquema de una planta de caupí (*V. unguiculata*), para proteger el suelo. También es buen alimento para humanos y animales. (León 1987).
- Figura 6. Dibujo esquemático de las partes de la planta de gandul (*C. indicus*). A rama. B flor. C detalles de la flor. D vainas. (León 1987).
- Figura 7. Esquema de leucaena o chapra (*L. leucocephala*). Rama con flores y vaina. (León 1987).
- Figura 8. Deficiencia de N, en plantas de café joven. COFENAC.
- Figura 9. Deficiencia en fósforo. Nótese que hay pocas flores. COFENAC.
- Figura 10. Deficiencia de potasio. Nótese los bordes secos. COFENAC.
- Figura 11. Deficiencia de magnesio. Amarillamiento intervenal de la hoja. COFENAC.
- Figura 12. Deficiencia de zinc, nótese el achaparamiento de los brotes y la coloración de la planta. COFENAC.
- Figura 13. Deficiencia de hierro. Tiene alguna similitud con la deficiencia de nitrógeno. COFENAC.
- Figura 14. Deficiencia de manganeso. COFENAC.
- Figura 15. Deficiencia de boro. COFENAC.

PRESENTACIÓN

La idea de esta contribución al agro americano es de divulgar algunos de los conocimientos adquiridos por los investigadores durante muchos años, en los cuales han intervenido muchos contribuidores, investigadores, Instituciones y personas interesadas en la agricultura limpia, con la finalidad de conservar el ambiente lo más limpio posible y ofrecer a los consumidores un producto de alta calidad.

El esfuerzo realizado por todos los actores de la presente contribución está especialmente dedicado al pequeño productor, que son en número la mayoría de los productores americanos, a quienes se les hace difícil invertir grandes cantidades de dinero en una empresa pequeña, desperdiciando los materiales propios de las fincas.

AGRADECIMIENTOS

El Autor agradece mucho a toda la familia por el apoyo para completar esta pequeña contribución al agro de las Américas, especialmente a mis hijas que con su paciencia han arreglado todos los desguinces de la computadora, que por falta de conocimientos provoco cuando trato de poner las ideas en blanco y negro.

A las personas que me han dado permiso para usar algunas de las fotos, que se presentan, en la mayoría de los casos se cita personas o instituciones.

INTRODUCCIÓN

La presente contribución contiene algunas de las definiciones, que los productores deben manejar con propiedad, de las buenas prácticas agrícolas. Contiene la división, de los abonos que creemos debe ser manejada por los productores y entendidas en forma clara para tener éxito en sus inversiones en sus pequeñas empresas.

Contiene consideraciones del suelo, sus componentes, sus relaciones con las plantas. La forma de llegar a entender las deficiencias de los elementos tanto mayores como menores, para el buen desarrollo de las plantas y obtener rendimientos adecuados, de acuerdo al potencial genético de cada una de las variedades.

Se explica algunas de las características de los elementos nutritivos, especialmente relacionados a la deficiencia o exceso en la producción.

Se definen algunos términos usados en la elaboración de los abonos y en proceso de producción.

DEFINICIONES Y ALGUNAS CONSIDERACIONES

El abono orgánico es un material natural utilizado para mantener e incrementar la fertilidad del suelo, este método fue utilizado desde los albores de la agricultura y ha permitido alimentar a toda la humanidad sin degradar la riqueza nutritiva del suelo.

Erróneamente se ha definido como que el uso de abonos orgánico no es sino una “agricultura orgánica simplista”, algunos creen que hacer agricultura es simplemente “hacer agricultura por abandono” y lo que puede ser más peligroso es que dicen que es un proceso de “sustitución de insumos” (Rodríguez et al. 2005).

Para los objetivos de la presente guía, se define la base de los abonos orgánicos como los desperdicios de la masa vegetal y animal de una finca, sin embargo se debe entender que son bases de abonos orgánicos, muchos otros desperdicios tanto de la industria como de las ciudades, aunque este último generalmente sea de carácter vegetal y animal.

Se define como desperdicios de la industria los del azúcar, como bagazo, lodo y cachaza, del café el cisco, el pergamino y el agua del despulpado, de la palma africana, el raquis del racimo, la fibra, el afrecho y las aguas lodosas. Del arroz la cascarilla, los residuos de la industria de los champiñones, si se usa como base esta cascarilla, también pueden servir con algunas otras bases.

De los frutos y de jugos, las cáscaras y la semillas. De las maderas las astillas, aserrín, viruta, cortezas. De la industria cervecera, quedan muchos lodos. De la palma de coco algunos tipos de fibras y residuos de la extracción de la grasa. Residuos de la extracción de sustancias como la papaína, Se cuentan también desperdicios de mataderos o rastro (animales). Plantas de cultivo o silvestres e inclusive lechugas de los estanques represas, canales y ríos que se conozca limpios de tóxicos y muchos otros más (Desde el Surco 2001).

De las cosechas las fincas producen una gran cantidad de desperdicios que hay que recolectarlos cuidadosamente. No es lo mismo hablar de materia orgánica que de abonos orgánicos, por lo general la materia orgánica se refiere a los desperdicios no procesados, incluyendo las heces fecales de los animales; y los abonos, a esos desperdicios pero procesados, los cuales son fáciles de mineralizar.

Algo muy importante es la calidad de los desechos, algunos finqueros no tienen en cuenta estos principios y los utilizan mezclados con plásticos vidrios hierros etc, lo cual baja la calidad de los abonos.

La implementación de las prácticas ecológicas en el manejo de los cultivos permite incrementar la productividad y mejorar la calidad del producto, permitiendo modificar el manejo tradicional y la comercialización de la zona. No es la simple sustitución de un sistema agrícola por otro.

En algunos casos se habla del “mulch”, pero en general se define este, como materia orgánica, pero que no esta completamente procesada. Muchas veces la aplicación de los desperdicios orgánicos simples provoca, una reducción del N del suelo, para su descomposición como es el caso de la granza de arroz, aserrín de madera, diferentes fibras o de algún material similar, cuando se los pone al suelo en forma pura.

Una de las fortalezas que presentan los abonos orgánicos, a más del incremento de una pequeña porción de materia orgánica al suelo, es la diversidad de elementos nutritivos a más de los elementos mayores NPK, hay un suplemento de elementos menores, algunos de los cuales en ocasiones, inclusive puede estar en exceso y causar un poco de daño (Gómez 2000a). Tal es el caso de los lodos depurados de algunas industrias en nuestro caso como la extracción de aceites o del proceso del azúcar.

Otra de las fortalezas del abono orgánico en general, es el incremento de los elementos microbiológicos, esta población activa el intercambio de gases, conserva bien mullido el suelo, se presenta como los llamados vulgarmente gusanos, lombrices o vermes de varios colores desde el blanco, hasta el marrón, hay ácaros, larvas de varios familias de insectos, miriápodos, nemátodos, colémbolas, bacterias, hongos, actinomicetos, entre otros (Desde el surco 2001).

El conjunto de microorganismos y animales del suelo participan prácticamente en todos los procesos importantes del suelo relevantes en la agricultura como la meteorización, mineralización, humificación, agregación del suelo, movilización o inmovilización de nutrimentos. Algunos de ellos juegan un papel fundamental en el recirculamiento del N y del P. Algunos protozoos han sido relacionados directamente con el aumento de los rendimientos de algunos cultivos (Benzing 2001).

Los hongos y bacterias juegan un papel muy importante, especialmente los primeros, porque retienen un mayor porcentaje de la energía alimenticia, la cual está incorporada en su propia biomasa, los hongos también se adaptan mejor a condiciones ácidas que las bacterias. Los hongos también sintetizan una amplia gama de enzimas, que permiten la descomposición de diferentes sustratos orgánicos (Benzing 2001).

Algo que se debe tener muy en cuenta es el perfil diferente del abono químico contaminante, comparado con el del abono orgánico mejorador para el suelo: el abono orgánico es de lenta liberación, mientras que el químico es de rápida liberación. En el abono orgánico los nutrimentos pasan a la solución del suelo lentamente de acuerdo a la aceleración del proceso de descomposición del abono en el suelo. Solamente el K tiene su excepción, el cual está rápidamente disponible para la planta desde este abono. Los abonos orgánicos en general tienen un complemento importante de otros elementos nutritivos a más del NPK, que hace que la planta se mantenga mejor y no muestre deficiencias de elementos menores.

El abono orgánico elimina la dependencia del agricultor de los agroquímicos sintéticos, debido a que el suelo después de cada cosecha queda fértil y las plagas, cada vez se reducen a un mínimo, las mismas que no tiene importancia económica, con el manejo adecuado y permite al agricultor no necesitar la compra, cada año de esos fertilizantes y agroquímicos artificiales contaminantes.

Si el costo del restablecimiento a un estado inicial, en un determinado lugar, de la contaminación, que un productor con alta tecnología provoca se incluyera normalmente en los costos de producción, calculados con parámetros científicamente establecidos o con índices adecuados, entonces los que actualmente siguen contaminando, lo pensarían más de una vez para poder obtener ganancias de lo que actualmente están haciendo, ya que ese costo tendría que reflejar el precio competitivo con el que los productores pequeños, que no lo reciben, por mantener el ambiente por largos períodos de tiempo.

Si a esto le incluimos las grandes cifras de los subsidios, de los países ricos, las barreras no arancelarias, el escalonamiento arancelario, los valores agregados que escapan a los productores, (Flores 2007) los resultados serían muy significativos, para la competitividad, donde haya equidad y justicia, teniendo en cuenta el uso racional de los recursos naturales no renovables.

El fraccionamiento de los elementos nutritivos en el abono orgánico es diferenciado, por lo que la disponibilidad es a largo plazo y no instantánea como en los químicos. Hay que tener en cuenta también la contribución de ácidos húmicos y fúlvicos a más de la humina que mantiene como reserva.

En general los suelos ecuatoriales son muy delicados y requieren de un manejo muy especial, diferente a los suelos de las zonas templadas y en algunas ocasiones tropicales. De acuerdo con Hardy (1960), el mulch o la hojarasca de los suelos ecuatoriales y tropicales se descompone en forma equilibrada cuando la temperatura del suelo no sobrepasa los 25°C. Cifras mayores descomponen muy rápidamente, cifras menores acumulan alguna cantidad.

El CO₂ que se desprende de varios procesos, está aumentando rápidamente la contaminación del ambiente. Desde el año 2009 su cantidad sobrepasaba las 398 partes por millón cuando para esa época se establecía como el límite superior 350 ppm (Leonard 2010), Este CO₂ en su gran mayoría deberá ser reducido por medio de la fotosíntesis, la vía natural (Odum 1984). Otros procesos para esta reducción podrían resultar muy caros.

Como el incremento y su disminución deben ser controladas por el hombre, éste debe tomar las medidas adecuadas para que no aumente y prevenir la destrucción, del casi único medio de reducción que son los bosques, naturales o artificiales y en general las plantas. Se debe también pensar que el carbono es uno de los componentes principales del hombre. Esto cambia completamente el paradigma que hemos tenido toda la vida de que los bosques son para quemarlos o cortarlos.

Todo tipo de suelo fértil responde a cada cultivo en forma diferencial, sin embargo a continuación veremos un ejemplo (Figura 1) tomado y sintetizado de la información del IICA, del Profesor P. de T. Alvim de Turrialba, (Alvim et al. 1977).

Es importante conocer cada uno de los factores de esta relación. La fertilidad del suelo ha sido dividida en baja, media y alta. La cantidad de sombra igualmente en alta media y baja. El potencial de producción del cultivo se expresa como el porcentaje de su potencia genético para cada uno de los casos estimados.

Un cultivo sobre un suelo de baja fertilidad y con mucha sombra, producirá aproximadamente el 30 % de su potencial genético (Enríquez et al. 1980). Un cultivo en un suelo de fertilidad alta, sin sombra debería tener el potencial teórico de producción del ciento por ciento. Un cultivo en suelo de fertilidad media con media cantidad de sombra deberá tener un potencias de producción de aproximadamente entre el 50 y 60 %. Esto es teóricamente.

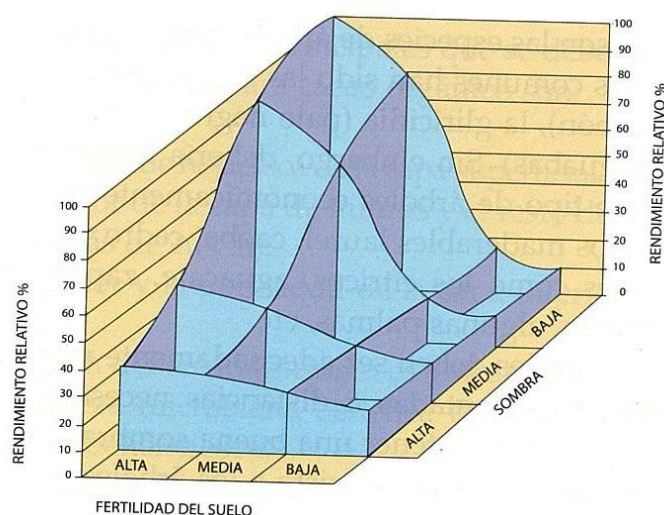


Figura 1. Relación sombra-fertilidad. Respuesta práctica del efecto de la sombra sobre la productividad, en tres condiciones del suelo. Tomado de P. de T. Alvim. (Ilustración: Galo Tabango).

En el cultivo del café, del cacao y algunos otros que requieren algo de sombra para la protección del suelo especialmente tendría un potencial de producción algo mayor que el 70 %, con sombra media y fertilidad media.

Experimentalmente se ha comprobado que aún lo cultivos de pleno sol como el maíz, la piña, frejol, etc., producen en cantidades considerables bajo un 75 % de sombra y que sus rendimientos son bastante buenos, bajo el 25 a 30 % (Enríquez et al. 1980).

A más de los factores mencionados, algunos cultivos responden a la temperatura media del ambiente, o siembras en altura) con rendimiento y calidad de proteína (Enríquez et al. 1979).

La presencia o ausencia de la materia orgánica es crítica en estas relaciones de la sombra, la fertilidad del suelo y la altitud del lugar de los cultivos.

Otras características deseables de los abonos orgánicos, es la protección del suelo a la erosión y a la lixiviación, reduce las pérdidas de agua y la escorrentía, regula las temperaturas del suelo, los abonos y las coberturas también ayudan a eliminar las hierbas o plantas que pueden competir con el cultivo.

Además se encuentra como supresor de enfermedades como el Mal de talluelos de los viveros ("damping off"), por medio de la competencia y el hipo parasitismo con las *Trichoderma* y otros microorganismos del suelo.

Se usa el término rizósfera, que indica la zona del suelo que está en contacto con el sistema radical, especialmente los pelos absorbentes. La mayoría de micro-organismos está siempre más pegada a esta zona, cerca del sistema radical.

TIPOS DE ABONOS PARA UNA AGRICULTURA LIMPIA

Todo suelo agrícola para la producción sostenida requiere de una conservación o incremento de materia orgánica, lo cual soluciona algunos de los problemas de fertilidad, retención adecuada del agua de la lluvia y una buena circulación del aire en el suelo (Benzing 2001). Una planta sana y robusta con una buena nutrición es capaz de soportar mejor las adversidades del clima, del ambiente o de las plagas, especialmente algunos patógenos del suelo.

Hay varios abonos o fertilizantes que son permitidos en agricultura limpia y orgánica, de los que se debe tener toda la información posible, y su composición química, su uso debe ser informado a los certificadores en caso de certificar el cultivo, algunos de ellos son:

- Aceites vegetales y animales
- Aglomerados de pelos y piel
- Algas y productos derivados
- Arena no contaminada
- Aserrín y virutas de maderas
- Azufre (flor de,)
- Bentonita
- Boratos (Solubor)
- Borax
- Cal apagada o hidratada
- Cal Dolomita
- Cal en otras formas
- Carbón de maderas
- Carbón de huesos
- Carbonato de calcio de minas
- Ceniza de madera
- Ceniza de varios vegetales
- Cobre varias formas
incluyendo quelatos de
varios orígenes
- Conchas
- Dolomita
- Efluentes de bio-digestores
- Escorias Thomas
- Escorias de defosforación
- Estiércol de varios animales
Estiércol de varias aves
- Extractos de algas marinas
- Fosfato natural blando
- Harina de pezuñas y cachos
- Harina de pluma
- Hierro
- Inoculantes y enzimas naturales
- Jabón potásico
- Kainita
- K-Mag (SO₄K₂ + SO₄Mg potasio y magnesio)
- Lana de varios animales
- Magnesio potásico y muriato de potasa
- Molibdato de sodio
- Manganeso
- Mantillo del cultivo de setas
- Orina de animales, pura o procesada
- Perlita (arcilla especial)
- Pelos
- Plumas frescas o procesadas
- Polvo de basalto
- Polvo de cantera
- Polvo de cuerno animal
- Polvo de roca
- Preparados con base en baculovirus
- Productos lácteos y derivados
- Residuos de la industria de la caña, café,
cacao y otros vegetales cultivados
- Roca de fosfato natural
- Roca de Mg calcárea
- Rocas silícicas molidas
- Silvinita
- Sulfato de calcio
- Sulfato de Mg (sal de Epson)
- Kieserita o Sulfomag)
- Sulfato de K (origen mineral)

- Fosfato aluminio-cálcico
- Guano de Islas (Perú)
- Guano de murciélagos
- Gusanos secos y molidos
- Harina de hueso crudo
- Harina de hueso cocido
- Harina de carne y pescado
- Harina de sangre
- Sulfato de cobre
- Tierra diatomita
- Turba
- Vermiculita (arcilla especial)
- Yeso agrícola
- Zeolitas naturales y activadas
- Zinc

El silicio es un elemento que cada día se usa más para la protección de las plantas y se encuentra en abundancia en las cenizas de los materiales orgánicos, es especialmente importante para la fortaleza de troncos de los cultivos (Gómez 2000a).

Para usar adecuadamente estos abonos, de preferencia certificados, hay que conocer la fórmula química o de los componentes, con la finalidad de poder balancear las fórmulas y las cantidades a aplicar o mezclas de los complementos que hay que hacer para tener una provisión de los nutrimentos.

Cuadro 1. Contenido de nutrimentos de algunos materiales orgánicos.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Gallinaza	6	2	3	8	1,3	0,2
Porquinaza	3,3	3	2	4	0,4	0,14
Algas marinas	1	0,6	13,5			
Compost de café	3,1	0	0,05	0,33	0,12	
Lumbricompost de bovino	3,5	1,3	3,2			
Lumbricompost de hoja de mango	1,2	0,5	0,65	2,34	1,72	
Harina de pluma de pollo	4,6	0,4	0,23	0,46	0,05	
Harina de sangre	12	0,5	0,6	0,53	0,06	0,13

Adaptado de Gómez, 2000b.

En algunos casos son muy conocidos los componentes, pero en otros habrá que hacer análisis rápidos, con el fin de estimar mejor las mezclas, pues el origen de algunos de ellos puede ser diferentes a las ya conocidos. Se debe tener en cuenta que no contengan contaminaciones locales.

Cuadro 2. Contenido de elementos menores en algunos recursos orgánicos ppm.

	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Gallinaza	1500	300	300	60	20
Porquinaza	2000	350	300	60	
Lumbricultura café	1058	172	31	105	24
Raquis de palma	437	48	51	23	10
Compost de algas	412	81	104	7	
Compost de café	1300	78	25	55	10
Harina de pluma de pollo	1110	13	93	160	16

Adaptado de Gómez 2000b.

Algunos autores han establecido análisis químicos de algunos de estos abonos, pero el autor encuentra mucha incongruencia en la información, razón por la cual ha estimado no dar esa información completa conociendo muy bien que puede haber diferencias sustanciales en muchos casos, lo que puede llevar a un cálculo errado. Mientras no exista información fidedigna, el agricultor o las empresas deben mantener sus propios análisis con la finalidad de ajustar las fórmulas.

Es recomendable no usar, en forma permanente, las mismas fuentes o bases en los abonos orgánicos, debido a que se puede caer en una deficiencia o en un exceso de algún elemento lo cual puede ser perjudicial para el suelo (Gómez 2000b). Es por lo tanto conveniente saber el origen de las fuentes y si fuera necesario obtener información de fuentes confiables.

Se ha querido minimizar la importancia de hacer investigación seria y formal alrededor, no solo de los abonos orgánicos sino, de muchas áreas importantísimas, de la agricultura limpia, por esta razón en muchas de las prácticas hay mucho o algo de empirismo, o el agricultor por su cuenta ha tenido que hacer esta investigación y que muchas veces la mantienen en secreto (Chaves 2004).

Si estos abonos orgánicos o fertilizantes no se encuentran en el mercado, solicite al especialista en agricultura orgánica o al extensionista que le calcule las cantidades de los abonos orgánicos locales disponibles, para que cada planta reciba la cantidad de nitrógeno, de P₂O₅, de K₂O y de S₀₄ o cualquiera de los otros elementos nutricionales necesarios para su cultivo. Para estos fertilizantes (se insiste) por ser naturales y de diferentes orígenes, se hace necesario hacer análisis químico de los materiales disponibles en la zona. Para tener una idea del contenido aproximado de nutrimentos de algunos de ellos, vea (Kolmans y Vásquez 1996; OTA/USDA 2001).

La calidad de los abonos orgánicos puede ser una característica relativa, pues su buen desempeño depende de varios factores como el clima, el tipo del suelo, el cultivo, las bases o sustratos, las mezclas, el manejo al hacerlos, los

microorganismos que contiene, etc., estas factores deben ser bien conocidos por los agricultores y tomar decisiones adecuadas, para impedir el deterioro o mejorar la calidad.

El abono orgánico, debe ponerse en el suelo cada año, en surcos o en el lugar más adecuado, en dos o tres aplicaciones. Al segundo año, en cultivos arbóreos el área de aplicación del abono deberá ser no mayor de los 80 cm, alrededor de la planta. Desde el tercer año en adelante, en un diámetro aproximado de un metros o poco menos, según la proyección de la sombra del árbol frutal. Como regla general el abono debe aplicarse en el lugar de mayor desarrollo radical.

Uno de los graves problema de la cantidad de abono a ponerse en un suelo determinado, ha sido debido a una muy mala interpretación, pues se cree que todos los años hay que poner grandes cantidades (10 a 15 toneladas por ha.), lo cual se ha difundido mucho, pero lo que se recomienda es estudiar la situación de cada lugar y de acuerdo a la fertilidad actual o real, calcular el tonelaje o cantidad de abono a aplicarse, que generalmente es pequeña, debido a que el abono orgánico bien preparado, mantiene una buena reserva de cada uno de los nutrimentos para la planta y además hay una porción de materia orgánica que se descompone en el suelo, que contribuye a la cantidad de nutrimentos.

Algunos autores (Benzing 2001), propone que debido a experiencias en otras latitudes el abono debe ser puesto una sola vez en buenas cantidades, puesto que tiene un efecto más duradero. No hay pruebas en lugares ecuatoriales bajos o tropicales para esta práctica. Se debe tomar en cuenta que las altas temperaturas de las zonas bajas ecuatoriales transforman rápidamente la materia orgánica, por lo tanto sería recomendable una aplicación grande y al menos una menor por año, pensando en la gran influencia hacia los microorganismos del suelo. Del tercer año en adelante, la recomendación del abonamiento se debe hacer con base en un análisis del suelo, debe ser estimado por un técnico o un agricultor que conozca la zona y el tipo de suelo.

En el cultivo del café, como modelo, en producción aplicar dividiendo en 2 ó 3 ocasiones, el equivalente de un abono orgánico que contenga proporciones aproximadamente de 80 gramos de N, de 40 g de P_2O_5 , de 50 g de K_2O , de 50 g de SO_4 , de 150 g de Ca y 10 g de Mg por planta, de un suelo de fertilidad media, se insiste en que puede haber algunas variaciones dependiendo del suelo y de la sombra del cultivo. (Enríquez y Duicela 2014a).

En el caso del cultivo del cacao, o de varios cultivos perennes, las cifras son muy parecidas a las del café, debido a sus similitudes en el cultivo, sin embargo las aplicaciones de este y otros cultivos específicos, deben diferenciarse. (Enríquez 2010).

Se sabe que el cálculo de estos elementos es difícil en la práctica de los pequeños productores, debido a la falta de información adecuada; pero la recomendación es de hacer cada vez más científica la aplicación de abonos para conseguir dentro de las reglas convencionales, las buenas prácticas

agrícolas y orgánicas, con buenos rendimientos o al menos acercarse el potencial genético de cada uno de los cultivos que tengamos.

Volvemos a recordar que el uso de las fórmulas de elementos en la práctica agrícola del abono orgánico, no es común, es más puede ser la excepción, pero el objetivo es tratar de usar una herramienta con más racionalidad que una simple experiencia empírica (Figuroa et al. 1998; Gómez 2000 a y b; Fischersworing et al. 2001; Enríquez, 2004, 2010, Enríquez y Duicela 2014a).

Debido a que la mayoría de los abonos orgánicos, tienen inicialmente un bajo contenido de nutrimentos, rápidamente disponible para la planta, es de suma importancia las mezclas o la cantidad, para compensar inicialmente este desequilibrio o hacer las aplicaciones con suficiente anterioridad a la siembra o a la época crítica de la fertilización y necesidades de la planta. Esto también se puede compensar con un alto tonelaje de aplicación, pero hay que tener en cuenta los que hemos visto anteriormente sobre la acumulación de algunos elementos que pueden convertirse en tóxicos o lixiviarse.

Una manera muy práctica de poner estiércol de animales en el campo ecuatoriano son los corrales móviles, para lo cual hay que calcular el número de días en cada lugar cuidadosamente, pues depende del número de animales y mejor si hay mezcla de ellos, Este sistema se ha practicado desde muchos años atrás especialmente en las partes altas de Ecuador con excelentes resultados sobre todo en cultivos de ciclo corto y una buena rotación de cosechas. En el caso de plantas perennes se puede hacer para el momento de la siembra, especialmente si los lotes a sembrar se pueden escalonar en forma adecuada, cuando hay una buena disposición de agua. Es necesario tomar en cuenta que este método debe ser practicado con suficiente anterioridad a la siembra del cultivo principal o de los asociados.

Varios reglamentos de la agricultura orgánica establecen que las excretas animales sin compostar, pueden ser aplicadas únicamente, incorporadas al suelo 120 días antes de la cosecha, en el caso de comestibles que toquen el suelo. En el caso del cacao, el café, al igual que otros alimentos, 90 días o menos.

Los orines de los animales son excelentes fertilizantes del suelo y se pueden usar frescos o procesados. Al usarlos hay que tener en cuenta que el suelo no sea ácido, pues puede aumentar la acidez de este, en cuyo caso hay que tratarlo o mezclarlo con otros abonos orgánicos, para que sea efectivo. Es bastante difícil hacer recomendaciones específicas para poner al suelo directamente orines frescos o procesadas, por cuanto no ha sido una costumbre regular en nuestro país, pero en algunos países europeos si es una costumbre usarlos, especialmente en fincas pequeñas o huertos con producciones sobre todo de alimentos.

La calidad de las orinas también dependen de la alimentación de los animales, por lo tanto no será recomendado poner directamente si se conoce que vienen de centros o criaderos donde se usan hormonas u otras sustancias contaminantes, desde el punto de vista nutricional. En algunas ocasiones se

debe diluir. Un factor negativo para su uso es que no hay mucha información de los contenidos de los nutrimentos tanto por especies de animales como de razas o localidad donde se han alimentado, Se puede estimar en forma muy general que un litro de orinas contiene de 3 a 7 g de N.

En general las orines son más ricas en nutrimentos que las heces, tanto en los macro como en los micro nutrimentos. Una de las ventajas de las orines es que en general no están contaminados de metales pesados, porque esta excreta ha sido filtrada en el cuerpo del animal.

La cenizas tanto de las orines como de las heces también son muy ricas en nutrimentos especialmente en P y en K, lo mismo que contribuye con materia orgánica.

Cuando se requiere un rápido incrementos del nitrógeno al suelo, el uso del Guano del Perú es una buena solución, por su riqueza en nitrógeno, se debe tener en cuenta también que es muy rico en elementos menores, hay que tener mucho cuidado con la dosificación y el tiempo oportuno para ponerle o hacer las mezclas adecuadas.

Cuando se quiere transformar un cultivo con abonos químicos de síntesis a abonos orgánicos hay que tener varios aspectos en consideración, la fertilidad natural del suelo, el pH, la disponibilidad de nutrimentos, la cantidad de microorganismos, la edad de la plantación y su sistema radical, es importante para no tener sorpresas y afrontarlas en caso de que las hubieran. Una característica importante es la profundidad del suelo efectivo, pues con los fertilizantes de síntesis, durante algún tiempo, se reduce un poco, esta reducción es peligrosa, por cuanto si no se ponen los fertilizantes orgánicos en forma adecuada, el sistema radical, tiene que sufrir mucho y el anclaje de la planta se hace muy débil, poco resistente a vientos aunque sean no muy violentos.

En muchos casos se puede topar con terrenos contaminados, en estos casos, se puede usar algunas sustancias químicas especializadas o plantas especiales para tratar de descontaminar tal es el caso de las Zeolitas naturales y activadas, que son alumino-silicatos, que tienen el poder de captación de amoniaco, amonia, ácido sulfúrico, nitritos, nitratos, metales pesados, sulfuros, etc, por medio de intercambio catiónico, puesto que son unipolares con carga negativa. El uso de las Zeolitas es muy variado y muy rico, especialmente en agricultura limpia y orgánica, puede tener aplicaciones en todas las actividades humanas.

Se lo usa en la alimentación de animales, debido a su característica de fijar algunos de los elementos que enriquece el alimento o eliminar algunas de las toxinas que contenga. Otro uso muy práctico es el de dar a los cerdos en la alimentación, especialmente cuando esta es de desperdicios de casa, puesto que en las heces se encuentran residuos de elementos nutritivos para las plantas que de otra manera se podrían haber perdido. Si con estos residuos se hacen los bio-abonos, entonces estos resultan más ricos en nutrimentos para las plantas, que los normales.

También se ha usado como ablandadores de aguas duras, reductores de las calcificaciones que se producen en tuberías de riego, aguas servidas, etc. En el suelo mejora la capacidad de intercambio catiónico. Siempre hay que cuidar que las Zeolitas sean calificadas, para su uso.

Un uso muy común es para retener la humedad en el suelo, especialmente en los suelos arenosos o de poca retención, lo cual evita un desperdicio de agua, que activa la acción de las bacterias nitrificantes. La captación de elementos pesados de los suelos es una de las mejores características que tienen las Zeolitas, pues por medio de una buena aplicación pueden eliminar o reducir el efecto de algunos metales pesados que han contaminados suelos, donde se ha usado químicos contaminantes, por algún tiempo, lo cual es una garantía para la agricultura orgánica.

Para el uso de Zeolita, esta debe ser primero aplicada y mezclada con el suelo, para luego hacer las otras labores, incluyendo las de fertilización con los abonos permitidos (OCEANUS, 2002). Si el agricultor tiene piscinas de purificación del agua, entonces su aplicación es muy superior a cualquier medio de descontaminación. Siga las instrucciones del distribuidor.

Como se dijo anteriormente también algunas plantas sirven para descontaminar los suelos en donde se han aplicados agroquímicos contaminantes o de difícil desdoblamiento, estas plantas hiper-acumulan algunas sustancias o elementos. Entre los cultivos más interesantes esta el girasol (*Heliantus annus*) que puede absorber grandes cantidades de uranio. El tomate (*Lycopersicum esculentum*), la calabaza (*Crescentia cuhete*) y algunos de los bambúes (*Bambusa ep.*) son muy buenos remedios para suelos muy salinos, con cloruro de sodio. En la actualidad se está probando la posibilidad de usar el helecho de la Florida (*Pteris vittata*) que puede acumular cantidades de arsénico.

Las hojas de lengua de vaca *Rumex acetosa*, puede acumular hasta 600 ppm de cobre y hasta 10 veces más en las raíces. Las plantas *Elsholzia haichowensis* y *Commelina communis*, son plantas que tienen entre 100 a 160 ppm de cobre (Gómez 2000b), como estas plantas no son nativas del Ecuador, deberían ser introducidas, si el problema es grave, como en el caso de bananeras viejas donde el cobre es un muy alto. Sin embargo tenemos algunas plantas del mismo género que debemos probar con ese propósito.

La *Thlaspi caerulencens* es una planta que acumula buenas cantidades de zinc y cadmio especialmente en sus raíces, por lo tanto puede ser usada en terrenos que tengan problemas de esos elementos (Gómez 2000b).

En general el consejo de aplicar los abonos en dos o tres ocasiones, como se dijo anteriormente, es con la finalidad de evitar pérdidas de elementos por evaporación o escurrimiento, incrementando todo el tiempo el número de microorganismos beneficiosos, facilitándose así a la planta los elementos nutritivos en las épocas más adecuadas para un mejor aprovechamiento (Suquilanda 1996). En algunas ocasiones será mejor poner una sola vez para un aprovechamiento rápido (Figuroa et al. 1998; Fischersworing et al. 2001)

Entre las fortalezas de los abonos orgánicos podemos mencionar algunas. Ya se ha mencionado que son abonos completos, que incluye todos los elementos menores. Contribuyen con una pequeña cantidad de materia orgánica que se ira acumulando o descomponiendo paulatinamente y entregará otros elementos nutritivos a las plantas. Mejora de bio-estructura del suelo, debido a la contribución de microorganismos activos. Contribuye con el ácido fúlvico y los ácidos húmicos que tienen acciones directas sobre la fracción mineral del suelo y favorecen la estructuración a largo plazo.

Por lo general las moléculas orgánicas son del tipo fito-hormonal y también entre otras características detoxifican los suelos de aluminio y algunos metales pesados (Gómez 2000b).

También se deben mencionar algunas desventajas, las que deben evitarse o compensarse. El mal uso puede contaminar las aguas subterráneas, por lixiviación. Puede tener algunos metales pesados, dependiendo del origen de la materia orgánica o los residuos. Como absorbe cobre en las moléculas puede provocar una deficiencia de este micro-elemento.

Se debe tener muy en cuenta el régimen de lluvias, para tomar la decisión de las épocas de aplicación. No olvide que pueden ser solamente una o dos las aplicaciones. Las personas que trabajan en agricultura orgánica saben que la tecnología de la fertilización orgánica no está bien desarrollada, por lo tanto, se debe seguir algunas reglas no muy científicas, en vista de que no conocemos claramente la composición de los abonos, ya que cada finquero puede hacer un abono con diferentes materiales, como se explicará con detalle más adelante (Benzing 2001; Motato 1999; Gómez 2000 a y b).

Actualmente se está desarrollando la fertilización al suelo por medio de microorganismos que aceleran la descomposición de la materia orgánica que tenga el suelo o la que se incorpora, poniendo a disposición de la planta todos los nutrimentos en forma muy eficiente. Hacen falta más pruebas para poder hacer recomendaciones más concretas sobre estos microorganismos (Hai 1998).

Elaboración del compost

Se advierte al agricultor que la preparación, los ingredientes y las metodologías es decir el número y el orden de los materiales que se recomiendan en esta guía, no son estrictamente impondibles, pues el agricultor con su gran experiencia, puede cambiar los ingredientes, las cantidades y la forma de usarlos, a su conveniencia económica, pues es preferible usar los que se tiene en la finca y no comprar materiales. Por todos es conocido que los abonos orgánicos se usan desde los albores de la agricultura, actualmente la ciencia a ayudado a perfeccionarlos y darles mejor uso a algunos materiales, sin patentes, se puede biorevolucionar el campo, con trabajo inteligente de cada productor.

El compost es un abono resultante de la humificación de materiales orgánicos como estiércoles de animales mayores o menores (excepto de humanos,

perros y gatos), algunos agricultores en el Ecuador acostumbrar a secar el estiércol antes de usarlos, esta es una forma dudosa de conservar el N. Se usan los residuos de cosechas y basuras domésticas, hierbas terrestres y acuáticas, desperdicios de fábricas o industrias alimenticias, etc., mediante un proceso de descomposición controlado.

El proceso típico es anaeróbico, pero algunos productores lo aceleran en varias formas, inclusive lo han transformado en un proceso casi aeróbico comparado con la compostera clásica. Preferiblemente, la ubicación de la compostera debe estar a una distancia mayor a los 50 metros de las viviendas, para evitar los malos olores y la presencia de moscas (Duicela et al. 2003).

Los materiales usados para la elaboración del compost, en el agro ecuatoriano, pueden ser muy variados, pero en general se consideran normalmente los siguientes: estiércoles de bovinos, porcinos, aves y otros animales (30%); residuos vegetales secos (cáscara de café, panca de maíz, tamo de arroz o de fréjol y cáscara de maní); residuos vegetales frescos, tales como pulpa de café, cáscara de cacao, pseudo-tallos de plátano, orito o banano, follaje de leguminosas, pastos o zacates, hojas de árboles, especialmente de leguminosas, plantas acuáticas como el Jacinto de agua (*Eishornia crassipes*) (o lechuga), desperdicios de las cosechas de hortalizas o frutales y basuras orgánicas domésticas; mulch, tierra de bosque, tierra de guabo, tierra micorrizada de cafetales o cacaotales, ceniza, cal y muchos más.

Desechos agroindustriales, como vimos anteriormente, entre los más importantes están el del café, la caña de azúcar (incluye melaza y los derivados de la purificación del azúcar), piña, arroz, de la industrialización de los frutales, hortalizas, banano, coco, cacao, etc. Residuos de pastos o zacates henificados, hojas de arbustos, de árboles (especialmente leguminosas) procesadas, basura de las casas o desperdicios orgánicos, carbón, rastrojos de cultivos, carbón vegetal, aserrín o cualquier otro material orgánico producto del manejo de la madera. Hay que tener cuidado de que no tengan taninos.

En el Cuadro 3, se indica la conversión en peso, del compostaje de los subproductos del café.

Cuadro 3. Conversión de los subproductos del café y materiales orgánicos en compost.

Subproducto del café	Composición de los materiales orgánicos	Relación de conversión a compost (en peso)
Pulpa de café	70% Pulpa de café 20% Estiércol bovino 5% Pseudo tallos de plátano 5% Tierra de guabo	2,15 : 1
Cáscara de café	70% Cáscara de café 20% Estiércol bovino 5% Pseudo tallos de plátano 5% Tierra de guabo	1,46 : 1

En el Cuadro 4, se indica la composición química de los abonos orgánicos obtenidos a partir del compostaje de cáscara de café y pulpa de café.

Cuadro 4. Composición química de los compost de pulpa y cáscara de café.

Contenidos	Unidad	Compost de pulpa de café	Compost de cáscara de café
Nitrógeno total	%	1,5	2,3
Fósforo	ppm	128	139
Materia Orgánica	%	29	47
Relación C/N		12:1	12:1

Para llegar a un balance entre los materiales que son fáciles y difíciles de descomposición, por su baja o alta relación C:N respectivamente, uno de los mejores medios es hacer un compost acelerado, puesto que este da lugar a una serie de transformaciones anaeróbicas y aeróbicas, predominando las últimas, dando un producto de uniformidad, tanto en la estructura como en la composición química de la materia resultante. Para esto se necesita un activador o acelerador microbiológico de la descomposición que se lo hace con maíz macerado (1 kg), melaza (2 lit.) y levadura (300 gr), (Duicela et al. 2003) bien mezclado, como veremos después en el capítulo de los bio-abonos.

Si los materiales primarios usados y las proporciones para la descomposición han sido los adecuados, basados en una buena experimentación, para saber cuales son los mejores y ricos en nutrimentos, entonces la velocidad de la descomposición puede ser ideal para un agricultor que hace negocio con su abono orgánico ya que la riqueza de nutrimentos, así como de los microorganismos, de estos abonos, puede traer muchas ventajas a la estructura del suelo así como a las plantas facilitándolas la absorción de los nutrimentos (De La Cruz 2000; Desde El Surco 2001; Motato 1999; Gómez 2000a).

Hay muchas formas de fabricar o hacer un compost, pues cada finquero va experimentando con sus materiales básicos y van adaptando tecnologías propias que le dan mejor resultado (Benzing 2001; Restrepo 2001). Se insiste en que al dar un camino para hacer un compost, no queremos decir que la "fórmula" sea estricta y que no se pueda variar, solamente debe tomarse como un ejemplo y cada finquero o comuna debe hacer sus propias fórmulas. También hay fórmulas más establecidas como la del "Bocashi", pero aún estas fórmulas pueden ser cambiadas de acuerdo a la disponibilidad de materiales, por los agricultores, estos se consideran entre los bio abonos.

Todo material para que se procese con eficiencia, es necesario que sea de tamaño adecuado. Cuando son rastrojos como de maíz o de caña de azúcar, de la palma aceitera (africana) estas cañas o materiales deben de dividirse de tal manera que los trozos no pasen de 5 cm a largo.

En todas las fincas para hacer un compost, tenga un sector de terreno limpio y sin piedras, que no vayan a dañar la herramienta que use. Tenga los materiales por separado, vea que no falte ninguno para iniciar el trabajo. De preferencia debe hacerse un análisis químico de ellos, o consultar con los cuadros, como los de Restrepo (2001) con la finalidad de tener una clara idea de lo que podemos obtener y como vamos a suplir las deficiencias.

No es permitido usar o que se contaminen con materiales como vidrio, metal, plásticos, especialmente con PVC, productos tratados con químicos en general, ni excrementos humanos, de perro o gato (De La Cruz 2000), especialmente si el abono se va a vender.

Al fabricar el compost, hay que poner en capas sucesivas los materiales, de tal manera que se mezclen en forma adecuada. Hay que tener algunos cuidados como: que los materiales estén lo suficiente húmedos pero no en exceso. Si fuera necesario hay que asperjar un poco de agua para equilibrar la humedad en toda la masa a descomponerse. Que las capas se alternen unas ricas en C y otras ricas en N (Canigua, 2002). Hay que poner melaza u otros materiales ricos en N cuando una capa es de materiales muy secos como la granza del arroz o pastos (zacate) secos. Es bueno en algunas de las capas incluir lo que se llama enmiendas, que consiste en poner capas ricas en Ca, Mg, K, P, o micro elementos (Neira 2000; Novill, sf.).

El uso de cal agrícola ayuda a mantener el N estable como NO_3 y se evita la incorporación al suelo como NH_3 solamente. En forma general podemos decir que si el material es muy ácido, se requiere ponerlo en la relación de 10 volúmenes a 1 y si el pH es alto, el volumen puede llegar a la relación de 20 a 1, para lo cual el agricultor deberá adquirir cierta experiencia experimental, para saber que es lo mejor para los materiales que predominantemente usa en las mezclas. En las cuales también se pueden usar suspensiones de elementos menores, u otros medios para enriquecer los abonos (Benzing 2001; Nutrimins super 2001).

El siguiente paso es dar varias veces la vuelta al montículo hasta que se hayan mezclado bien todos los materiales. Cuando se vea que algunos no están mezclándose bien hay que picarlos más o darles un tratamiento especial para conseguir que uniformicen la masa. Tapar el montículo con gangocho, sacos abiertos u otros materiales adecuados (De La Cruz 2000).

Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta es que hay que sellar bien el montículo en los bordes, con suelo o con materiales especiales para que no escape mucho la temperatura y la humedad. Al siguiente día se debe observar o medir la temperatura en forma práctica. Si la temperatura es alta, al meter la mano en el montículo, y no aguanta el calor, quiere decir que ha fermentado muy bien (no debe ser más de $50\text{ }^\circ\text{C}$). Al inicio debe darse vuelta al montículo, dependiendo de los materiales que se estén descomponiendo, si son de fácil descomposición, hay que hacerlo cada día, si son de difícil descomposición, hay que hacerlo cada dos o tres días.

Cuando la masa está muy seca, hay que añadir un poco de agua, para mantener una coherencia en la masa. Las remociones posteriores deben estar más distanciadas, dependiendo de la temperatura o del desarrollo del material.

Si todo va bien en tres meses o en un poco más de tiempo tendrá el compost listo, esto debe juzgarse al momento de hacer el último o penúltimo movimiento. Si algunos materiales tardaran más de tres meses en descomponerse, deberá dejarse hasta por casi cinco meses.

En algunas ocasiones el compost puede durar más tiempo y en algunos casos puede llegar a un año, todo depende de los materiales que están interviniendo y de las temperaturas que alcance en este tipo de compost, si en alguna ocasión adquiere hasta 75 °C, hay que bajarla ligeramente removiendo o aireando, bajo esta condición puede estar en tres meses como se dijo anteriormente pero si la temperatura es más baja puede durar mucho más de un año.

Otra fórmula es la recomendada por varios autores (Duicela et al. 2003) en la cual solamente se usan materiales de la finca sin importar de afuera elementos que sean costosos. Con los siguientes ingredientes:

- Estiércoles de animales: bovinos, porcinos, aves y otros (30%). Residuos vegetales secos: cáscara de café, panca de maíz, tamo de arroz o de fréjol y cáscara de maní (15 al 20%).
- Residuos vegetales frescos: basura doméstica, pulpa de café, cáscara de cacao, pseudo-tallos de plátano, follaje de leguminosas, desperdicios de las cosechas de hortalizas o frutales y basuras orgánicas domésticas (40-50%).
- Mulch: tierra de bosque, tierra bajo guabo, tierra micorrizada de cafetales o cacaotales (1 – 10%).
- Otros: ceniza o cal (1%).

Para acelerar el compostaje o lo que se debe llamar compost acelerado, que es un poco diferente el compost regular se requiere de un activador microbiológico de la descomposición, que se prepara con maíz, melaza y levadura. Una cantidad suficiente de activador microbiológico de la descomposición, para compostar 20 quintales (de 45 kilos) de materiales orgánicos, se prepara de la siguiente manera:

- Poner en maceración tres libras de maíz durante 7 días, en 10 litros de agua.
- Moler el maíz macerado en la misma agua.
- Añadir 2 litros de melaza o 2 libras de panela.
- Agregar 300 gramos de levadura.
- Mezclar los ingredientes.

El procedimiento para preparar el compost es el siguiente:

- Colocar los materiales orgánicos por capas sobre el nivel del suelo.

- Mezclar los materiales orgánicos con el uso de una pala, hasta homogenizar el montón.
- Humedecer el montículo hasta cerca del punto de saturación.
- Adicionar al montículo, de manera uniforme, el activador microbiológico de la descomposición.
- Mezclar nuevamente los materiales del montículo y controlar la uniformidad de la humedad.
- Extender la masa de materiales orgánicos a compostar, de tal forma que la altura del montón tenga alrededor de unos 50 centímetros, por la longitud y ancho necesarios.
- Añadir sobre el montículo, uniformemente, una porción de cal agrícola o ceniza vegetal, para corregir la acidez.
- Procurar que el montículo este siempre húmedo; por lo tanto, debe regarse periódicamente.
- Voltear periódicamente los montículos: la primera semana una vez al día; en la segunda semana pasando un día; y, posteriormente, cada siete días, hasta cumplir el proceso.

En aproximadamente 12 semanas no se distinguirán los materiales orgánicos procesados, ni se constatará una alta temperatura dentro del montículo.

El humus bien procesado presenta una coloración negruzca y un agradable olor a tierra fresca.

Es importante recordar que el costo del abono no debe ser alto, esto se puede conseguir si se usan materiales propios de la finca, baratos, o sin adquirirlos afuera a altos costos. También los materiales pueden ser aprovechados por épocas de cosecha, es decir que durante las cosechas de ciertos cultivos habrá materiales baratos, y en otras épocas del todo no se puede conseguirlos, por esta razón es importante que el agricultor aprenda a hacer las variaciones necesarias durante las diferentes oportunidades durante el año y aproveche al máximo los materiales disponibles.

También se recomienda agregar carbón molido o partido al máximo, este material a más de regular la relación carbón nitrógeno, evita los malos olores de la descomposición y evita también que se acerquen moscas al bulto.

En una cooperativa, una finca productora de hortalizas o en algunas otras situaciones especiales, el montón puede resultar muy grande en esos casos se deberá hacer montones largos (también llamados lagartos), de acuerdo a la capacidad de los materiales disponibles. Habrá casos en que los materiales son tantos que se necesita una maquinaria especial diseñada para hacer los montones, para revolverlos y taparlos adecuadamente. En estos casos debe haber personal especializado en estas labores.

Al hacer compostaje con desperdicios caseros o de las ciudades, la separación de los componentes debe hacerse en el lugar de origen, es decir las casa de donde se va a aprovechar los materiales, puesto que hacerlo en los basureros o después de algún tiempo corre muchos riesgos y hay muy malos olores.

Como se había mencionado anteriormente es muy importante la relación C:N de los materiales que se usan para hacer el compost, por lo tanto en el Cuadro 5 veremos algunos de los elementos que se dispone aquí para tener una referencia de esta relación.

Cuadro 5. Relación carbón: nitrógeno de algunos materiales de fácil adquisición en Ecuador. 2001.

Materiales	Relación C:N	Materiales	Relación C:N
Aserrín	500 : 1	Rastrojo granos básicos	70 : 1
Monte verde	12 : 1	Hueso molido	5 : 1
Orina de animales	0,8 : 1	Estiércol de vaca	18: 1
Estiércol de cerdo	12 : 1	Estiércol de gallina	7 : 1
Estiércol ovinos fresco	29 : 1	Estiércol de equinos fresco	24 : 1
Pastos	20 : 1	Tabaco	20 : 1
Pescado	6 : 1	Cáscara de maní	11 : 1
Tamo de arroz	67 : 1	Caña de maíz	53 : 1
Tallos de soya	32 : 1	Alfalfa	12 : 1

Adaptado de Enríquez 2001b, 2004 y de Suquilanda 2001.

Se estima que la relación que favorece la mineralización uniforme del nitrógeno es la de 23 y 24 a 1 (Enríquez 2004). Pudiendo en casos especiales ser eficiente entre 20 y 30 a uno (Fischersworing et al. 2001). Algunos autores recomiendan que la relación al inicio sea mucho más alta hasta 50 a 1 (Benzing 2001).

También algunos autores comentan que en una relación menor de 20:1, el carbono se usa sin que el nitrógeno se pueda estabilizar y se puede perder por que se convierte en gas amonio, generando un fuerte olor a orines.

Estas relaciones pueden tener alguna variante más o menos pequeña, por el origen y la estructura al momento de usarlas, por lo tanto, no es sino una guía que dará al productor una herramienta de trabajo. El productor de ser posible debe buscar tablas locales para esta relación o tratar de averiguar localmente, si tiene alguna duda.

En caso de que los abonos se fabriquen en algunos lugares altos, es decir cerca o más de los 1000 m de altitud, esta relación podría bajar un poco como a 20 o 21:1, será recomendable hacer pruebas para llegar a una buena relación en los casos necesarios (Canigua 2002).

Muy poco se conoce sobre la relación C : P, la cual seguramente debe estar entre 100 : 1 y 200 : 1, con lo cual los microorganismos pueden conseguir buena fuente de energía y elementos esenciales para su propio organismo.

Algunas plantas acuáticas como el jacinto de agua (*Eishornia crassipes*), puede ser una excelente base del compost, pues su producción como planta acuática es muy grande especialmente si se tiene, una poza o laguna rica en materia orgánica. Algunos autores la recomiendan inclusive usarla como mulch y como abono verde (Desde el Surco, 2001). El compost de este material básico, tiene un buen balance de NPK. Como el jacinto acumula mucha agua, hay que dejarle secar un poco (durante dos o tres días), para que se la pueda manejar más fácilmente. Lo más recomendado es hacer capas del jacinto con estiércol, ceniza y un poco de buena tierra no contaminada. Controlar la temperatura y la humedad como ya hemos visto antes.

Algo muy importante es que el jacinto de agua debe crecer en lugares no contaminados por desechos industriales o contaminados con gérmenes infecciosos. Puede servir para hacer biogás, cuyos desechos son buenos abonos, también puede hacerse ceniza, con un rico contenido en potasa.

El compost más común en una finca es el de pequeños huecos a los que se va incorporando los desperdicios de la casa o de la finca hasta llenarlos, dejarlos que se descomponga por un tiempo y luego al año o un poco más cuando se comprueba que está descompuesta se lo extrae y se aplica en los cultivos. Cuando se hace un compostaje de finca grande, no es conveniente hacer uno solo lo mejor será hacer un compost espaciado de otro. La mejor recomendación es hacer, cuantas pilas, huecos o cajones sean necesarios, de acuerdo a la disponibilidad de los materiales al mismo tiempo.

Al compostaje se puede poner algunas enmiendas o adicionar otros elementos necesarios que se sabe que no están presentes en los componentes regulares. La cal o la dolomita pueden ser buenos pero es recomendable estudiarlos como una posibilidad al igual que algunos elementos menores.

La adición de tierra con plantas, es recomendado por algunos agricultores, pero se puede presumir que hay suficiente tierra en las raíces de las plantas que van en la compostera.

En el compostaje, se puede perder algo del nitrógeno por varias formas como la lixiviación, como NO_3 , el escurrimiento como nitrógeno orgánico o como NH_4 ; durante el calentamiento inicial se puede perder como la volatilización como NH_3 y como la desnitrificación en zonas anaeróbicas como N_2 o como N_x . Estas pérdidas pueden llegar a sumar hasta un 15 % como mínimo o un 30 % como máximo.

Es muy importante considerar que las composteras producen muchos microorganismos los que pueden afectar a la salud humana especialmente con alergias. Durante el manipuleo siempre se debe usar mascarillas protectoras, (Benzing 2001) y de preferencia guantes.

BIO-ABONOS

Las características más importantes de este tipo especializado de abonos son (López 1998a; 1998b; Enríquez 2004):

1. Material estabilizado biológicamente, sin olores y con temperaturas estables.
2. Contienen materia orgánica pre-humificada, relativamente alta.
3. Contiene una buena cantidad de micro-elementos.
4. El pH es ligeramente inferior al neutro.
5. Estructura porosa, color marrón oscuro, tamaño uniforme de sus agregados.
6. Tienen lombrices de tierra, pero no: insectos, huevos o semillas de mala hierba.
7. Elevada carga microbiana benéficos del suelo.
8. No contienen gérmenes patógenos para el hombre, los animales o las plantas.
9. Debe estar libre de materiales extraños como vidrios, plásticos, piedras etc.
10. No contiene tierra o residuos de plaguicidas.
11. No tienen elementos pesados, pues los determinan los micro-organismos.
12. Su constitución ayuda a aplicarlos al campo a mano o con maquinaria.

Abono Tipo Bocashi

El abono tipo Bocashi es uno de los abonos orgánicos desarrollados en el Japón, donde significa “fermentación suave” y que se los considera como los más completos, puesto que se incorpora al suelo, tanto macro como micro nutrimentos, que son básicos para las plantas y la carga microbiana es muy alta. El desarrollo de la fórmula fue concebido para producción de pequeñas porciones o cantidades. Debido al costo de sus materiales y a la dificultad de hacer en grandes cantidades como es en el caso de la agricultura extensiva, se recomienda hacer estudios económicos muy cuidadosos antes de iniciar una producción en grande. Es ideal para una agricultura muy intensiva, cuyos productos sean caros como las hortalizas orgánicas producidas cerca de las ciudades, las flores en pequeñas empresas, jardinería, etc.

A la fórmula original se le han cambiado algunos ingredientes debido a la difícil que resulta el empleo de materiales que muchas veces hay que transportarlos de muy lejos. Se puede decir que con un poco de experiencia el agricultor puede realizar algunos cambios adaptados a las condiciones locales con el fin de abaratar su producción (Carrizosa 1997?).

Los ingredientes más importantes son:

1. Dos porciones de un material orgánico como cascarilla de arroz, bagazo de caña, residuos de cosechas, tamo de un cultivo, etc, debe estar bien seco.
2. Dos bultos de boñiga (excrementos de animales mayores) fresca.

3. Un bulto de carbón vegetal molido no muy fino.
4. Aproximadamente 5 kilogramos de salvado o afrecho de arroz.
5. Cinco (5) kilos de ceniza de fogón o de cal agrícola.
6. Cinco (5) kilos aproximado de tierra fresca o de monte.
7. De uno a tres litros de melaza, o un equivalente como el jugo de caña, o algún tipo de miel.
8. De 100 a 200 gramos de levadura de pan.
9. Aproximadamente 25 litros de agua.

Otra recomendación que se ha probado para producir 230 kilos (5 quintales) es:

- 140 kg (3 quintales) de suelo de montaña
- 25 kg (55 libras) de harina de hueso
- 25 kg (55 libras) de salvado o pulido de arroz
- 46 kg (1 quintal) de gallinaza (excremento fresco de gallinas)
- 16 kg (35 libras) de carbón molido
- 1 litro de ácido acético
- 1 saco de cascarilla de arroz
- 230 g (8 onzas) de levadura cruda
- 1 litro, o 2,3 kg (5 libras) de melaza
- 1,2 kg (3 libras) de roca fosfórica o guano de ave marina (estiércol)
- 0,5 kg (1 libra) de azufre.

Con estos ingredientes o con algunas pequeñas variaciones que se pueden hacer, al tener más experiencia, en la fabricación del abono, se procede de la siguiente forma. Buscar un lugar cubierto, no necesariamente cerrado siempre debe haber circulación de aire, es necesario para la buena fermentación del montón cuando se lo haya preparado.

Tome la tierra, la cascarilla (o el salvado) y la boñiga (o la gallinaza) y mezclarlo separado hasta que quede bien uniforme. Luego siga agregando los elementos que se han determinado, en forma paulatina y haciendo una buena mezcla. Por varias ocasiones mezcle y baya haciendo un montón con todos los materiales. Hay que tener cuidado de la humedad de la masa que va a fermentar, no debe tener exceso de agua o falta de humedad, esto se puede probar apretando entre los dedos un poco de la masa y viendo que no gotee o quede muy seco, en ambos casos debe corregir con alguno de los ingredientes que le quede.

Tanto el ácido acético como el azufre se deben poner cuando hay evidencia de que hay deficiencia del nutrimento. En algunos casos se puede recomendar adicionar boro en forma más concentrada como es el caso del bórax, que se puede encontrar en el mercado fácilmente. Puede también usarse diferentes clases de boñiga o majada de diferentes animales o mezclas. Probablemente el más rico de todos es el de cerdo. Pero esto dependerá de lo disponible en la finca. También se recomienda usar la majada de cuyes. No se debe usar excrementos que provengan de criaderos donde se use hormonas y desinfectantes o químicos inorgánicos.

Se puede adicionar un poco de Bocashi ya fabricado anteriormente, para asegurar los microorganismos que actuarán en la mezclas, este debe ser puesto en la mitad de las capas antes de hacer la última mezcla.

Cubra el montón con algún material de fibra, como sacos abiertos, gangochos, lona, etc. Dos veces al día debe voltear la masa de un lado a otro rápidamente, algunos agricultores solamente mezclan una vez por día, dependiendo de la temperatura, por espacio de cuatro a cinco días. Compruebe siempre la humedad del montón y corrija tal como se explicó anteriormente. Luego de esta primera etapa ya puede voltear el material solamente una vez por día, o pasando un día, controlando que la temperatura no baje, de 30 o 35 °C, lo cual afectaría a la fermentación.

El control de la temperatura es crítico en el manejo del abono, pues se debe mantener al rededor de los 50° C. Esto es lo más crítico ya que dependiendo del lugar de la fabricación esto puede ser fácil o muy difícil como en los casos de hacerlo en zonas un poco altas, (estribaciones de la cordillera, cerca de los 800 m o más) entonces debe tener cuidado de alterar un poco los ingredientes como el aumento de la levadura y de la miel o voltearlo menos o lo contrario en zonas muy calientes, o con más frecuencia.

El control de la humedad también es crítico y no debe dejarse secar mucho, ni que chorree agua. Una buena manera de controlar la humedad de la mezcla, es que se tome un puñado y se ajuste con la mano, si este estila agua al ajustar es que hay exceso, si se desmorona fácilmente, es que le falta agua, como se dijo anteriormente.

Cuando la fermentación desaparece y la temperatura del montón es similar a la del ambiente, quiere decir que el abono ha completado su ciclo de fermentación y que todo está descompuesto en forma apropiada, especialmente se tiene un olor muy agradable, habiendo desaparecido todos los olores de los componentes que lo formaron, especialmente la miel y la boñiga. En este caso estará listo para ser usado. En casos excepcionales puede ser almacenado pero no por largo tiempo, pues puede secarse mucho o dañarse en la composición química.

Los agricultores aprenden a fabricar el abono y tratan de aumentar el volumen para evitar hacer muchas veces, dependiendo de la cantidad que esté usando, si lo hacen por negocio, para la venta, deben adquirir bastante experiencia para producirlo. Debe hacer análisis periódicamente para mantener y garantizar la calidad, debe poner en la funda el contenido del abono y si puede debe certificarlo.

Si el abono está saliendo en la mejor forma con una estructura buena es decir porosa y no agregada, entonces en el futuro puede usar este mismo material para reemplazar algunos de los elementos necesarios como el carbón y la tierra de bosque, para iniciar la fermentación. En la mayoría de los casos cuando se usa este abono como inoculante hay que incorporar un poco de levadura, para asegurar el inicio de la fermentación en forma rápida.

Uno puede concluir de esto, que algunos de los ingredientes necesarios para este tipo de abono son caros y difíciles de conseguir o transportar desde lugares lejanos, raras veces se puede tener una fuente cercana de todos ellos, por esta razón la fabricación de este abono debe ser estudiada cuidadosamente, porque si es muy cara, debe buscarse la forma de reemplazar algunos de los elementos indispensables para la fermentación por materiales más fáciles de adquirir y que sean económicos.

La forma de uso de este abono es muy variable y puede hacerse de una sola aplicación o mucho mejor en una gran cantidad de aplicaciones fraccionando la cantidad total, este es un aspecto puramente económico, al que hay que tenerle mucho cuidado. Dependiendo del uso que se le dé, debe mantenerse un buen conocimiento de la proporción de elementos nutritivos que tenga el abono para poder complementar con otros en caso necesario y hacer la aplicación del abono lo más científicamente posible para obtener buenos resultados.

Motato y Corral (2002), describen un sistema modificado del Bocachi, para producir una tonelada de abono, en el cual utilizan como acelerador del proceso un macerado de maíz con panela o miel de caña. La práctica es simple, macerando el maíz (2,5 kg) en agua (10 litros), por 7 días, moliéndolo y luego añadiendo la panela (1 kg), dejando pocos días de reposo, esta maceración no es tan perfecta como los aceleradores de micro-organismos, pero los agricultores pueden usarla porque los resultados son muy buenos.

Restrepo (2001) recomienda hacer algunos cambios de materiales en los componentes, para las mezclas, pero siempre tratando de reemplazar los costosos materiales de fuera de la finca por materiales dentro de la finca, como lo hemos visto en otra sección.

Este abono se puede considerar un bio-abono especializado, por tener fórmula bastante elaborada, en general la forma de hacer bio-abonos lo veremos más adelante.

Purines y abonos líquidos (biol)

Cuando se tiene algún tipo de estiércol a la mano, se puede hacer un abono líquido (foliar o para el suelo), en algunos lugares llamados purines, de la siguiente forma. En 150 litros de agua fresca, ponga de 22 a 23 kilogramos (50 libras) de estiércol fresco, de preferencia mezclado con los orines en los casos de caballo o de vacuno, o de gallinaza, pollinaza, etc, que provenga de un establo que no hayan usado hormonas o agroquímicos.

Cierre herméticamente el recipiente y deje reposar por 30 a 45 días. El número de días puede variar ligeramente, dependiendo del lugar donde se lo fabrique. Hasta 25 días en climas muy calurosos y hasta 50 en lugares más frescos. Después de lo cual, debe filtrar y aumentar un volumen igual del agua que haya perdido por evaporación, para el caso de estiércol de vacuno. Cuando el estiércol es de porcinos o gallinaza, adicione a más de igualar el volumen, un 50 % más de agua.

Duicela et al. 2003), recomienda un biol similar, con 60 kilo de estiércol fresco, cuatro litros de melaza o un kilo de panela, un litro de leche o suero y 100 litros de agua.

El abono, si se deja más concentrado se puede poner directamente al suelo, especialmente si ya se han probado las dosis de aplicación, teniendo en cuenta de no poner muy cerca del tronco principal o del sistema radical de la planta porque se pueden quemar las raicillas. Hay que tener presente que una concentración muy fuerte de sales en el fertilizante, incrementa la conductividad eléctrica, lo cual también puede quemar las raíces. Cuando se lo usa como abono foliar tenga cuidado de hacer la disolución adecuada, y los análisis adecuados para evitar microorganismos que puedan causar enfermedades en las plantas. Los purines son unos de los pocos fertilizantes orgánicos de acción inmediata a la planta.

Con el fin de tener una idea de la calidad de las purinas de los animales, en el Cuadro 6 siguiente, se da un ejemplo del contenido de nutrimentos, adaptado del libro del "IIRR Manual de prácticas agro-ecológicas de los andes ecuatorianos, p. 42".

Cuadro 6. Contenido de nutrimentos de algunas purinas, producidas en los Andes ecuatorianos. 1997.

Nutrimentos en ppm	Cerdos	Vacas
Nitrógeno	0,91	0,46
Fósforo	0,29	0,07
Potasio	0,28	0,48
pH	8,00	9,00

Con estas cifras se puede hacer estimaciones para las aplicaciones prácticas, aunque lo más lógico es que se hagan análisis de cada lugar y cada cierto tiempo para tener claro los nutrimentos que acarrean esas purinas, o los abonos líquidos. Lo mismo se puede decir para los abonos sólidos producidos en las fincas.

Los purines deben ser manejados con mucho cuidado, pues en algunos casos, dependiendo del origen de ellos, pueden tener elementos pesados o causar un poco de acidez en los suelos, lo cual debe ser neutralizado (Suquilanda 2001). Sin embargo se sabe que estos purines son muy buenos abonos manejados correctamente (Vega et al. 2001).

Uno de los elementos que más hay que tener cuidado son los nitratos, que puede tener un impacto ambiental, hay que hacer una evaluación detallada de ellos, para no tener un problema posterior, contaminando el medio.

También se pueden hacer abonos líquidos, con plantas cultivadas o silvestres, mezcladas o no con estiércol de algún animal, para lo cual se puede seleccionar unas dos o tres especies, procurando que una de ellas sea leguminosa, entre las más usadas están el diente de león (*Taraxacum dens-*

leonis) la cola de caballo (*Equisetum bogotense* *E. giganteum* o *E. arvense*) también se puede adicionar especies contra alguna plaga como fungicidas, el ajo (*Allium sativum*) y como insecticida la higuera (*Ricinus communis*), el tabaco (*Nicotiana tabacum*) o el nim (*Azadirachta indica*), dependiendo del interés que tenga el agricultor, como no se usa mucho estas mezclas el agricultor debe probar que le salga bien (Fischersworming et al. 2001; Enríquez 2004).

Se pican bien las hierbas y ramas y se ponen en un recipiente con agua, en proporción de un kilogramo de la mezcla de hierbas picadas por cada dos litros de agua limpia y fresca, mantenga bien cerrado el recipiente y luego de tres o cuatro días, cierna bien y puede aplicar con una bomba de espalda o de motor, poniendo aproximadamente medio litro de esta solución, por bomba de 20 litros de agua, la cual puede aplicarse cada 30 a 60 días o más, dependiendo del estado del cultivo, se debe hacer especialmente en la época de floración y durante la maduración de los frutos (INIA 2001).

Hay que tener cuidado de que las plantas seleccionadas para hacer la purina, sean sanas, pues puede haber la posibilidad de transmitir alguna enfermedad, especialmente las de virus. Si no está seguro de que las plantas no transmitirán enfermedades a los cultivos, debe consultar con el extensionista más cercano que tenga.

Una alternativa es poner en lugar de hierbas, corteza de madero negro (*Gliricidia sepium*) en proporción de un kilogramo de corteza bien picada por cada 4 litros de agua limpia, manteniendo por dos o tres días, estime el mejor tiempo haciendo pequeñas pruebas en su localidad.

No hay mucha experiencia en el manejo de estos abonos y cada agricultor introduce algunos cambios, especialmente por las especies de plantas usadas, por lo tanto no se puede dar normas muy estrictas, lo más recomendable es que cada agricultor pruebe algunas veces sus materiales básicos, que tiempo debe permanecer en el recipiente antes de usarlos y las dosis apropiadas para cada finca y cada cultivo. Se recomienda que el agricultor anote cada tiempo cada planta o grupo de plantas para que luego revise y tome su decisión.

Como cada material básico da diferentes resultados, debe averiguarse cual es la fórmula que se ha obtenido del abono, con un análisis químico, para ver como complementar con otros abonos orgánicos que se disponga tanto para el suelo, como los foliares (Restrepo 2001). Este tipo de abono líquido debe ponerse cada 60 días en las plantas perennes como de cacao, café y la mayoría de los frutales, pero más periódicamente en otros cultivos asociados al cacao, especialmente anuales los cuales tienen requerimientos en tiempos más cortos y en mayor abundancia de nutrientes, especialmente durante la floración y desarrollo de los frutos.

Para el cultivo del café en el país se recomienda un tipo de biol, que puede usarse también para el cacao con exentes resultados, en este caso lo más recomendable es tener un análisis de los nutrientes, al menos los macros, para poder poner complementos si fueran necesarios (Anónimo 2001).

Mezcle en un tanque plástico de 30 galones aproximadamente los siguientes ingredientes:

- 36 kilogramos (80 libras) de estiércol fresco de ganado, caballo o cerdo
- 50 litros de agua (13 galones)
- 4 litros de melaza (1 galón) o un (1) kilo (2 libras) de panela
- 1 litro de leche o suero

Al hacer la mezcla tenga cuidado de que el líquido no llegue hasta muy alto en el embase, cuidando que quede a unos 10 cm del borde. Ponga un escape para el gas, cuyo extremo debe ir en la parte libre del tanque y el otro extremo en una botella llena de agua para que el gas sea forzado ligeramente a salir. El tanque debe ser sellado herméticamente. El proceso se termina en 30 a 45 días, cuando ya no fermente, es decir que no salga aire en forma de burbujas en la botella. Al sacarlo se debe cernir o colarlo adecuadamente con un lienzo fino. Los desperdicios pueden ser usados como para materia orgánica, especialmente si son abundantes dependiendo de la cantidad que se haya hecho.

Se puede usar como fertilizante al suelo, mezclando con agua en una proporción de 1:4 y como repelente para insectos, de 1:1 en agua. Hay que tener cuidado de que no queme las plantas especialmente cuando son tiernas y tienen brotación nueva. Para lo cual se puede hacer una prueba previa y con un poco de experiencia manejarlo en la forma más apropiada.

El biol contiene varios elementos químicos como: N, Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn y Zn. Además, este bio-abono posee sustancias como: ácido indol acético, giberelinas, purinas, tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, ácido fólico, cisteína y triptófano.

En el Cuadro 7, se indica la composición química de un biol, donde se destaca el contenido de 2,4% de nitrógeno y la presencia de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Cuadro 7. Composición química de un biol.

Contenido	Unidad	Biol
Materia seca	%	1,6
Nitrógeno total	%	2,4
Calcio	mg / 100 ml	38,3
Fósforo	mg / 100 ml	12,5
Magnesio	mg / 100 ml	14,7
Potasio	mg / 100 ml	46,8
Sodio	mg / 100 ml	17,6
Cobre	ug / 100 ml	56,8
Manganeso	ug / 100 ml	681,3
Zinc	ug / 100 ml	180,2
pH		6,8

Tomado de: Duicela et al. 2003.

Duicela et al. (2003) recomiendan un tipo de biol ligeramente diferente de los anteriormente descritos. El lugar donde se va a preparar el biol debe reunir las mismas condiciones indicadas para el caldo microbiológico.

Las herramientas que se requieren son: un tanque plástico de 200 litros, con tapa hermética; de uno a dos metros de manguera plástica de media pulgada; una botella plástica de dos litros; un balde plástico y un metro de tela o lienzo.

Los materiales requeridos para elaborar el biol son los siguientes:

- 60 Kilos de estiércol fresco de ganado vacuno, caballar, porcino u otro (una tercera parte del tanque)
- 1 galón de melaza ó 2 libras de panela
- 1 litro de leche o suero
- 100 litros de agua

El procedimiento para la preparación de este biol es el siguiente:

- Colocar el estiércol fresco, el agua, la melaza o panela y la leche o suero en el recipiente plástico y revolver hasta obtener una mezcla homogénea.
- Añadir agua hasta aproximadamente 20 centímetros bajo el nivel superior del tanque.
- Sellar herméticamente el tanque y colocar la manguera, asegurándose de que uno de sus extremos desemboque en el espacio vacío del recipiente y el otro en la botella semi-llena con agua. De esta manera, la botella con agua sirve como válvula de escape para desfogar el gas, producto de la fermentación anaeróbica en el interior del tanque.
- Dejar la mezcla en fermentación hasta que no se observen burbujas en la botella con agua (se relaciona con el fin de la fermentación). La fermentación de biol dura de 30 a 45 días.
- Al concluir el proceso de fermentación, el contenido del tanque se debe revolver intensamente y luego cernirlo en una tela o lienzo. El biol cernido puede ser conservado en botellas plásticas hasta por seis meses, sin que pierda sus propiedades.

Biol para cultivos hidropónicos

Una aplicación muy interesante del biol, es para reemplazar al abono mineral, preparado con químicos inorgánicos, de difícil descomposición, para los cultivos hidropónicos, Algunos autores llegan a confundirlos intencionalmente, aduciendo que el cultivo hidropónico es lo mismo que el cultivo orgánico. Creo que hay ciertas diferencias, especialmente si el productor quiere hacer certificar su producto o simplemente es para la alimentación casera o para la venta local, como hidropónico simplemente.

Para los cultivos hidropónicos se puede hacer abono orgánico simplemente imitando el biol hecho con plantas u otros materiales. Observando que las plantas cultivadas no sean las utilizadas para el biol. Esto evitará algunas

concentraciones de elementos o falta de minerales. Los cuidados que el productor o agricultor debería tener, es la dilución para la aplicación puede ser 50 % con agua limpia y aplicar a las hojas cada día al menos una vez dependiendo de la época del cultivo. Durante la floración y fructificación debería aumentarse las aplicaciones, de acuerdo a las necesidades de las plantas y no necesariamente todos los días.

El biol para el cultivo hidropónico puede hacerse con un abono orgánico, humus o con un bio abono, más especializado de diferentes bases, el cual debe dejarse en agua reposando por dos o tres días, haciendo revueltas el mayor número de veces posible, en la proporción de un kilo de abono por dos litros de agua. Filtre la mezcla y use más o menos como se explicó anteriormente. Lo que queda después fabricar el biol, puede ser usado en el jardín o plantación como materia orgánica.

Caldo microbiano

El caldo microbiano tiene varios objetivos, algunos agricultores lo usan como fertilizante foliar y protector contra plagas del cacao, del cafeto o de otros cultivos, otros lo usan como una mejora para la actividad microbiana del suelo superficial, especialmente cuando tiene mucha hojarasca o mulch, como un acelerador de procesos para descomponer la materia orgánica superficial, otros agricultores lo usan como acelerador del proceso en un compost, es decir casi hacer un bio-abono (Duicela et al. 2003).

Para elaborar el caldo microbiológico se requiere de las siguientes herramientas: Un tanque plástico con capacidad para 200 litros, un saco de yute, un balde plástico y un metro cuadrado de tela o lienzo.

Los materiales requeridos para preparar el caldo microbiano son los siguientes:

- 30 Kilos de estiércol fresco de ganado vacuno, caballar o porcino (sexta parte del tanque)
- 3,6 kilos (8 libras) de tierra de guabo o mulch de bosque
- 1,8 kilos (4 libras) de compost o humus de lombriz
- 1 litro de leche o suero
- 11 kilos (2 libras) de hojas de plantas medicinales o aromáticas, finamente picadas
- 7,3 kilos (16 libras) de hojas de leguminosas picadas
- 3,7 litros (1 galón) de melaza ó 1 kilo (2 libras) de panela
- 100 gramos de levadura
- 2 kilos de premezcla mineral (sales minerales orgánicas que no contengan antibióticos)
- 1 litro de vinagre
- 100 litros de agua

Algunas de las plantas que se puede usar para este propósito son: limoncillo (*Cymbopogon citratos*), *limpia* (*Limpia citriodora*), cebolla (*Allium sativum*),

ortiga (*Urtica dioica*), borraja (*Borago officinalis*), ajeno (*Artemisia absinthium*) (Fischersworrig et al. 2001).

El proceso para elaborar el caldo microbiológico es el siguiente:

- Colocar en el tanque plástico todos los materiales indicados y revolver intensamente hasta obtener una mezcla homogénea.
- Añadir agua hasta aproximadamente 20 centímetros bajo el nivel superior del tanque.
- Cubrir el recipiente con un saco de yute.
- Revolver la mezcla diariamente por 15 minutos, con la finalidad de oxigenar el preparado, durante la fase de fermentación.
- El proceso de fermentación aeróbico del caldo microbiológico dura entre 20 y 30 días.

Al terminar el proceso de fermentación no se observará espuma en la superficie de la mezcla.

Para emplear el caldo microbiológico se debe revolver intensamente el contenido del tanque y luego proceder a cernir usando la tela o lienzo. El caldo microbiológico, después de cernido, puede ser almacenado en recipientes herméticamente cerrados como las botellas de plástico.

Composición del caldo microbiano

El caldo microbiológico o microbiano es un abono orgánico líquido obtenido por fermentación aeróbica de los estiércoles frescos enriquecidos con sales minerales y follajes de leguminosas y hierbas aromáticas. El caldo microbiológico debe usarse en la crianza de plántulas a nivel de vivero y en las plantaciones en producción.

El caldo microbiano tiene una composición química rica en elementos esenciales para el desarrollo y fructificación de las plantas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Composición química de un caldo microbiológico.

Componente	Unidad	Caldo Microbiológico
Materia seca	%	1,3
Nitrógeno total	%	1,3
Calcio	mg / 100 ml	46,5
Fósforo	mg / 100 ml	12,3
Magnesio	mg / 100 ml	12,9
Potasio	mg / 100 ml	45,2
Sodio	mg / 100 ml	101,8
Cobre	ug / 100 ml	44,0
Manganeso	ug / 100 ml	221,5
Zinc	ug / 100 ml	95,0
pH		7,2

Tomado de: Duicela et al. 2003.

Restrepo (2001), recomienda una serie de bioles y otros tipos de abonos que pueden ser utilizados en café o cacao, pero que no han sido probados por los autores o al menos no han tenido conocimiento de su aplicación, sin embargo por la composición y la forma de prepararlos, podrían dar buenos resultados.

El vinagre de madera

Es un abono foliar natural. Se prepara mediante un proceso de quemado lento de madera. Hay que tener cuidado de hacerlo, analizar permanentemente en un laboratorio, pues puede contener algunos metales pesados, dependiendo de la clase de árboles o madera que se queme. La forma más práctica de prepararlo es haciendo un hoyo en la tierra donde se quemarán las maderas. En general se prefiere leguminosas como la *Gliricidia sepium* o madero negro y las *Erythrinas* o porós, los desperdicios de la poda o del labrado de madera fina.

La madera no debe ser muy gruesa y en general no debe estar muy seca, tampoco es conveniente que esté recién cortada con mucha humedad, es necesario dejarla unos días para que elimine un poco de agua, dejándola parada. Se debe conocer bien los materiales para que no se sequen demasiado, por ejemplo el madero negro puede durar alrededor de 8 días, mientras que el jocote, más de 30 días.

El tamaño del hoyo y la forma de construirlo puede variar bastante por cuanto depende de las necesidades y facilidades de la finca, pero en un suelo cualquiera, funciona bien y no requiere de construcciones costosas. Haga el hoyo de un tamaño conveniente de acuerdo a la cantidad de madera que disponga.

En el hoyo, esta madera debe estar cubierta por hierba fresca o algún otro medio para poder regular la rapidez de la quema. Se debe tapar o cubrir con tierra en la parte superior de la hierba para regular el oxígeno, o se puede poner una campana. Del hoyo sale un tubo. El tubo deberá tener cierta inclinación (30 % aproximadamente) y tener una hendidura, en la parte baja, o un embudo, por la que deben salir los líquidos condensados. Al extremo del tubo debe haber una protección para que no caigan líquidos o lluvia, pero debe dejar que salgan los humos.

El tubo hace de chimenea y condensa algunos vapores, el líquido debe salir por la hendidura, el que será recibido en un recipiente adecuado. El humo que salga por el extremo del tubo debe ser bastante claro, caso contrario quiere decir que la madera se está quemando muy rápido y hay que poner más hierbas o ajustarla un poco para que entre menos oxígeno y arda más lento. Si se usa la campana hay que tratar de regular el paso del oxígeno. El proceso puede durar hasta tres días y la madera termina como carbón, que puede ser utilizada para fabricar el abono orgánico. De un metro cúbico de madera puede salir unos 30 a 50 litros de vinagre.

El vinagre resultante puede ser aplicado en el cultivo poniendo de 50 a 100 centímetros cúbicos (cc) en cada bomba de 20 litros, dependiendo de la época de la aplicación, si es la floración o desarrollo de los frutos de árboles perennes, se debe aplicar las dosis máximas, en otras épocas y en otros cultivos como los anuales se deben poner las dosis mínimas, o puede depender de la frecuencia con que se apliquen.

Puede servir como repelente, quemante (herbicida) o para matar microorganismos perjudiciales del suelo, en disoluciones mucho menores que como abono foliar o estimulante del crecimiento de las plantas (García 1999). Mucho depende de la selección de las maderas a quemarse.

Residuos de la biodigestión

La biodigestión es un tipo de fermentación o proceso que se usa en muchas fincas con el propósito de obtener gas (metano) para fines agroindustriales o industriales, energía alternativa. El residuo de esta fermentación anaeróbica es un material muy rico en nutrimentos para el suelo. Este lodo o residuos, pueden ser usados para la confección de compost, abono tipo bocashi y otros abonos orgánicos o ser usados directamente como abono al suelo.

Es posible también separar la parte sólida de la líquida, dependiendo del diseño del digestor. Uno de los más recomendados es el diseño chino que permite alimentar por un lado el abono y otros materiales por un costado. Al centro, en la parte superior sale el metano que puede ser encarrilado hacia fuera para su uso, por otro costado se puede extraer los líquidos, que son abonos concentrados, esta extracción se hace cada mes o de acuerdo al tamaño del digestor. Cada cierto tiempo hay que sacar el resto de materiales sólidos que son el abono sólido de alto valor, cuyos análisis aproximados se presentan luego.

También se pueden usar grandes bolsas plásticas, en las cuales se introduce por una lado la majada sea de vacas, caballo u otros animales como el cuy, con una cantidad de agua equivalente a 1 por 3, esta proporción puede variar ligeramente si se desea solamente sacar abono sólido.

El abono líquido que saca puede servir para asperjar al follaje, en esos casos, será necesario estimar adecuadamente la proporción que hay que diluir, en caso contrario se puede quemar la planta por cuanto el biol, tiene muchas sustancias concentradas.

Para tener una idea de cómo se puede usar o complementar con otros abonos, de acuerdo a su composición, en el Cuadro 9, veremos unos datos adaptados de Costa Rica, con la riqueza de al menos tres diferentes bases de la biodigestión.

Cuadro 9. Composición de abonos como resultado de la biodigestión de los excrementos de tres animales. Adaptado de datos en Costa Rica.

Elemento, gr/litro	Caprino	Conejo	Vacuno
pH	6,8	6,9	7,0
N	0,12	0,26	0,34
P205	0,07	0,05	1,10
K20	0,43	0,51	0,69
Mg	0,52	0,48	0,25
Ca	1,12	1,03	1,30

Fuente: Mojica 1995.

También se pueden usar los lodos de las lagunas de oxidación de la agroindustria, teniendo en cuenta que estos pueden ser, un 25 % más ricos que los anteriores. Es necesario tener en cuenta la posibilidad de presencia de metales pesados, de nitritos, en cuyo caso será mejor primero tratarlos, con la finalidad de que se eliminen las sustancias problemáticas, ya sea con plantas o con Zeolita como hemos visto anteriormente.

Plantas vivas y desechos, como abono

Las plantas verdes vivas enterradas al suelo directamente, no contribuyen con materia orgánica al suelo directamente, sino que contribuyen como fertilizantes directos y aumenta la suma de las bases del suelo, enriqueciendo además los microorganismos. Solo sus residuos no descompuestos o fibrosos (con lignina), que son pocos, pueden posteriormente incorporar un poco de materia orgánica. La edad de enterrar los cultivos verdes es crítico en cada especie, para algunas es mejor unas pocas semanas después de germinadas, como en el caupí, otras al inicio de la floración y otras al momento de iniciar la madurez de las vainas.

Todo agricultor del alto andino sabe que el mejor abono, es enterrar una siembra de chocho o algún otro *Lupino* o leguminosa como las vicias, las cuales antes de que formen vainas debe ser enterradas. Como es conocido el chocho es típico de los altos andinos, pero germina bien en zonas sobre los 800 msnm, lo cual permite enterrarlo antes de que florezca o con las primeras flores. También se puede enterrar racimos de chocho en cada una de las plantas de cultivo como se acostumbra en los frutales y otros cultivos. Este cultivo también podría hacerse durante los dos o tres primeros años del cultivo principal o hasta cuando la densidad de siembra lo permita. Cuando está fuera de su hábitat normal, es necesario que se tenga mucho cuidado especialmente con las enfermedades.

Otras leguminosas usadas son la alfalfa (*Medicago sativa*), los tréboles, algunos *Melilotus* varias de las vicias como veremos luego. Algunas plantas como el centeno (*Secale sereale*), el trigo serraceno (*Fagopirum esculentum*), la avena (*Avena sativa*), etc, que son cultivos alimenticios para el hombre, pero

se pueden encontrar variedades especiales para este menester (Gómez 2000b).

Igualmente se han usado las crucíferas, al igual que el trigo sarraceno, la colza, la mostaza amarilla, entre otras (Mainardi 2000), su uso depende del clima y de su desarrollo local.

Uno de los beneficios tangibles de las leguminosas son las nodulaciones que ellas forman en las raíces, las que al morir las plantas, permanecen en el suelo por algún tiempo desprendiendo luego buena cantidad de nitrógeno que lo aprovechan otros organismos o el cultivo que se siembre a continuación (Mainardi 2000).

El cultivo de alguna planta leguminosa, en el lugar donde luego se sembrará el cultivo principal, permite tener el suelo cubierto, aumentar la materia orgánica de las hojas que caen y que se incorporan al suelo, se usa como reservorio de nutrientes, durante la época que no está el cultivo. También se puede mejorar la estructura del suelo al profundizar con el sistema radical en capas duras profundas, extraer algunos elementos, especialmente minerales de las profundidades. Se protege de las lluvias, para que no se pierdan por escurrimiento o percolación. Se reduce la germinación de semillas de hierbas no convenientes, etc.

Materiales frescos o secos de residuos de la agricultura como la broza del café, el tamo y la granza del arroz, panca de maíz, el desecho de las musáceas como banano, plátano, orito, el bagazo de la caña, restos de racimos de palma aceitera y otros desperdicios de cultivos, son materiales que cuando se ponen sobre el suelo, ayudan a su protección, pero no tienen un efecto fertilizante inmediato, al contrario algunos inicialmente consumen nitrógeno que podía estar disponible para la planta, por el desequilibrio del Carbono y el Nitrógeno. Se piensa que este fenómeno se debe a que los microorganismos, estimulados por la cantidad de nutrientes disponibles consumen buena parte de ellos, pero luego los devuelven en varias formas a las plantas.

Entre los mecanismos que se conocen para la reducción de la erosión del suelo cuando se cubre un suelo con materia orgánica podemos mencionar los siguientes: el escurrimiento por medio de obstáculos en la superficie, como se reconoce mundialmente, amortiguamiento de la gota de lluvia en su impacto contra el suelo limpio, al mismo tiempo evita el sellado del suelo por presión de la gota de agua, mejora la agregación del suelo, aumenta la infiltración, aumenta la actividad microbiana y fomenta la reproducción de las lombrices.

Otro de los beneficios tangibles de cubrir el suelo con paja o plantas, es la disminución de microorganismos perjudiciales al cultivo o la planta, entre los que se encuentran los hongos, las bacterias y los nemátodos, que pueden ser casi eliminados. Un aspecto negativo puede ser el favorecer a las babosas, aunque estas tienen poco efecto negativo una vez que se haya establecido el cultivo.

Los abonos de corral frescos, de diferentes animales, que algunos agricultores disponen y riegan directamente sobre el suelo, son muy buenos, como fertilizantes al primer año, al iniciar las abonaduras, pero si se persiste con el mismo sistema por algún tiempo, entonces los suelos se pueden empobrecer de cobre o movilizar grandes cantidades de fósforo, razón por la cual hay que tener presente y compensar estos defectos, en caso necesario. Lo mejor es alternar sistemas de abono para no caer en deficiencias o excesos.

Los mismos abonos pero secos hechos polvo, tienen un buen efecto inicial pero han perdido la mayoría de los elementos nutritivos, por lo tanto será mejor tratarlos para que se descompongan en forma apropiada, como ya se explicó y que también veremos tarde o se los utilice en la mejor forma, puesto que son los materiales orgánicos más baratos y completos que el agricultor puede tener de su propia finca.

Los abonos orgánicos de fabricación casera son buenos para el uso regular de la finca, hay que tener presente siempre la contribución de elementos nutritivos, a través de análisis químico frecuentes, (también se puede usar el análisis microbiológico, y las curvas de liberación, aunque estos son análisis un poco más complicados), el abono puede variar dependiendo de la fuente primaria de material básico y siempre deberán usarse otros tipos de abono como complementarios.

Cultivos de cobertura o asociados

Otra manera práctica de poner abono al suelo sin mayor trabajo es poniendo cultivos de cobertura, muchos de estos cultivos, que son leguminosas, a más de la cobertura natural al suelo, pueden producir algunos alimentos ya sea para los humanos o para los **animales** o en algunos casos ambos (Wood y Burley, 1995).

Las especies que se seleccionen para asociarlas al cultivo principal deben tener ciertas características (Enríquez 2010; Mainardi 2000), como:

- tener ciclos vegetativos parecidos en las técnicas del cultivo.
- Los principios cualitativos de los elementos nutritivos, deben ser diferentes.
- Las características botánicas o morfológicas deben ser diferentes, para que no compitan por suelo, luz, agua, etc.
- El sistema radical de cada planta debe ser diferente, con la finalidad de que ocupen nichos diferentes, igual que la parte aérea o el follaje.
- El momento de la cosecha deben ser diferentes, la asociada debe ser primero de preferencia.
- Que sea de fácil resiembra o que regenere rápidamente luego del ciclo vegetativo.

Aquí se presentará una corta lista de algunos de los cultivos más beneficiosos para cubrir un suelo, en el que cultive plantas perennes en los trópicos bajos húmedos y suelos ecuatoriales como, el café, el cacao y otras frutales. Pueden

servir como cubiertas para utilizar antes o después de otros tipos de cultivos anuales.

Las leguminosas como regla general deberían ser inoculadas con el *Rhizobium* adecuado, es decir cada especie tiene su micro-organismo específico. En muy pocos casos el mismo *Rhizobium* sirve para más de dos especies de leguminosas, por esta razón se debe averiguar la especificidad de ellos y usarlos con alguna precaución (Suquilanda 2003).

Esta inoculación aumenta sustancialmente la fijación del nitrógeno del aire del suelo, lo cual quiere decir que su uso puede fácilmente reemplazar a la aplicación de N al suelo en otras formas orgánicas. Cuando la leguminosa ha sido cultivada en el mismo suelo, probablemente ya la inoculación no es necesaria, esto hay que tener alguna experiencia, para estar seguro que la bacteria no ha desaparecido por falta de hospedero.

Algunas de las características que se deben buscar para utilizar este tipo de cultivos son: adaptación al ambiente donde van a sembrarse, crecimiento rápido, producción de una gran cantidad de masa vegetal en poco tiempo, un muy buen enraizamiento en el suelo, semilla barata, de preferencia que no sean cultivos regulares de la zona, eficiente uso del agua disponible sin competir con el cultivo principal, que sean antagónicos con las plagas del cultivo y que no sea alelopáticos negativos (Benzing 2001).

Un efecto colateral que se tiene poco en cuenta y que es difícil de medir, es el arrastre de nutrimentos por agua de lluvia o riego, desde las plantas acompañantes hacia los sustratos del suelo (Cifuentes 1997).

- Fréjol terciopelo (mucuna) (*Stizolobium deeringianum* sinónimo *Mucuna deeringiana*) para consumo humano y animal y es un excelente protector y como abono al suelo. Crece desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm. Puede contribuir fijando hasta 150 kg/ha/año de Nitrógeno en forma biológica. Suquilanda (2003) recomienda el *S. aterrimum*, y *S. niveum* de los cuales no tenemos información adecuada, habría que hacer algunas pruebas para su utilización.



Figura 2. Planta de mucuna, con flores y frutos. Es una rastrera amigable con otros cultivos y muy apreciada. (García et al. 1997).

- Fréjol espada o canavalia (*Cannavalia ensiformis*) puede servir para el consumo humano y animal, típico de climas cálidos un poco secos. Es muy protectora del suelo, pues lo cubre completamente y compite bien con otras hierbas. Su contribución de Nitrógeno al suelo puede variar de 50 a 200 kg/ha/año.

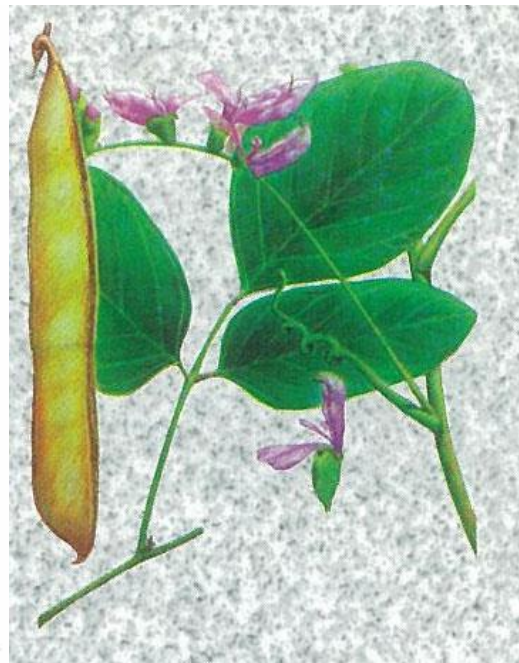
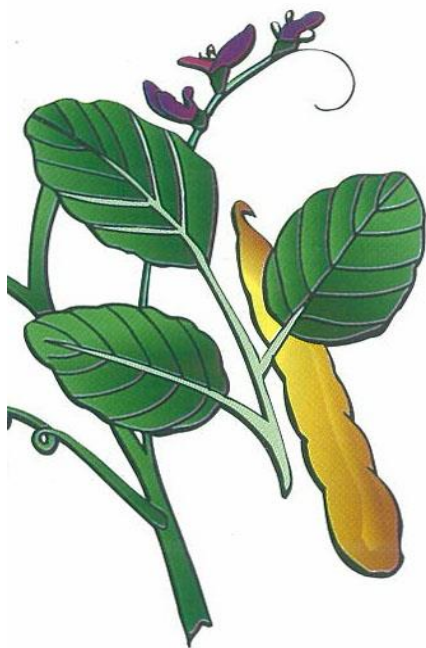


Figura 3. Dibujo y fotografía de la canavalia (*C. ensiformis*). Planta muy protectora del suelo y que ayuda a su fertilidad. (García et al.1997)

- Zarandaja o fréjol dólico (*Dolichos lablab*) crece bien hasta los 1800 msnm. Especial para consumo humano, los animales lo prefieren a otros forrajes. Muy rico en proteína como alimento, muy buen cobertor del suelo.

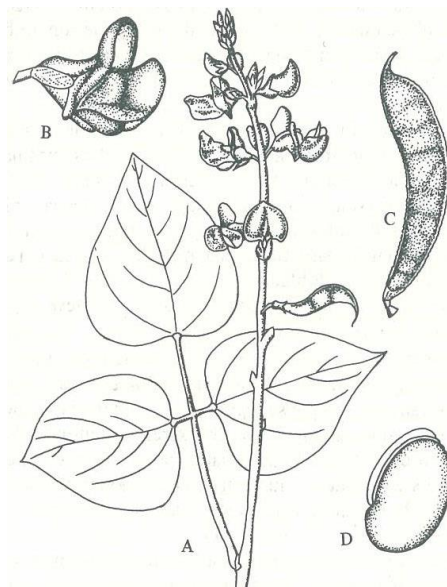


Figura 4. Dibujo esquemático de una planta y sus partes de zarandaja (*D. lablab*).
A. rama con flores. B. flor. C. vaina. D. semilla (León 1987).

- Caupí (*Vigna unguiculata*) buena para consumo humano, no muy apetecida por los animales, crece bien hasta los 1000 msnm. Buena competidora con otras hierbas. Si es bien manejada su contribución fijando Nitrógeno al suelo puede variar de 70 a 240 kg/ha/año.

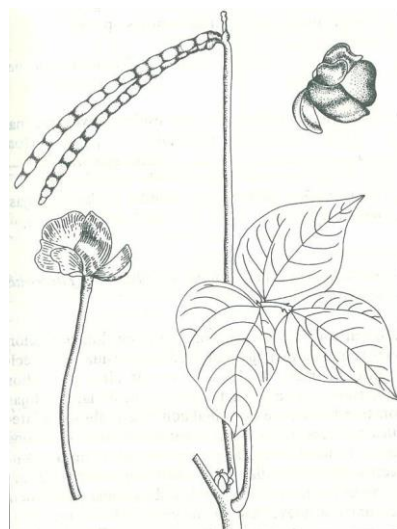


Figura 5. Esquema de una planta de caupí (*V. unguiculata*), para proteger el suelo.
También es buen alimento para humanos y animales. (León 1987).

- Vicia (*Vicia sativa*) No sirve para consumo humano pero es un buen forraje. Excelente cobertura. Puede contribuir con cerca de 100 kg/ha/año de Nitrógeno al suelo.

- Gandul, Guandul o Fréjol de palo (*Cajanus cajan*). Arbustivo, excelente alimento para humanos y animales, produce mucho follaje y puede producir sombra inicial para cualquier cultivo, en especial para el café y el cacao. Pueden encontrarse variedades anuales hasta bianuales y algunas plantas pueden permanecer como perennes por varios años. Puede contribuir con 50 a 100 kg/ha/año de Nitrógeno como fijador biológico. Esta planta cuando se la usa como sombra inicial del café o del cacao, hay que retirarla del campo lo más rápido posible o necesario, por cuanto algunas variedades han demostrado ser susceptibles al mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*). Se recomienda no dejarla por más de dos años.

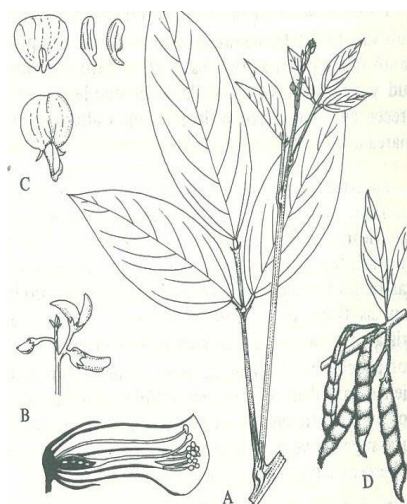


Figura 6. Dibujo esquemático de las partes de la planta de gandul (*C.indicus*). A rama. B flor. C detalles de la flor. D vainas. (León 1987).

- Leucaena (*Leucaena leucocephala*) Esta planta a pesar de ser arbustiva, tiene una excelente ramificación y produce un abundante follaje. Hay que tener cuidado porque es agresiva y competitiva con los cultivos perennes como el café o el cacao, por lo tanto hay que manejarle en forma permanente, que es cuando produce cantidades de ramas que cubren el suelo muy bien y lo enriquecen rápidamente tanto de materia orgánica como de nutrimentos minerales y especialmente de nitrógeno. Es muy palatable para los animales y es un excelente alimento en ramoneo o cortada. Soporta bastante el sombreadamiento. Su contribución como fijadora de Nitrógeno es muy alta pues puede fijar entre 400 y 600 kg/ha/año.



Figura 7. Esquema de leucaena o chakra (*L. leucocephala*). Rama con flores y vaina. (León 1987).

- Soya (*Glicine max*) es una excelente fijadora biológica del nitrógeno, por lo que se le considera no solo para la alimentación humana y animal, sino como buena enriquecedora del suelo y si se la siembra en densidades apropiadas, no para la producción de grano sino de follaje, es un excelente material verde para ser incorporado al suelo. Hay que seleccionar las variedades apropiadas con este fin.

Todas estas especies y muchas otras más pueden ser introducidas a los campos de cultivos perennes o pueden servir para cobertura, pero deben ser controladas muy bien porque un descuido puede perjudicar alguno de los cultivos en asocio (Wood y Burley 1995).

En las zonas de altura se pueden usar otras especies de leguminosas como la alfalfa (*Medicago sativum*) que es un excelente alimento animal, se puede usar en la alimentación humana como recién germinada la semilla. Hay una gran cantidad de variedades que se pueden adaptar a muchas altitudes Para hacerla como abono se cultiva muy estrecha y se la incorpora al suelo muy tierna.

Se puede hacer cultivos en zonas alrededor de los 1.000 msnm, con varios tipos de *Lupinus* como el chocho común y algunas de las especies silvestres de las zonas altas, que son poco conocidas, pero se las puede usar con un poco de experimentación y manejo tal como lo hemos visto antes.

Hay algunas otras especies de cobertura que se puede sembrar con el cultivo principal, pero los autores de esta guía, no tienen experiencia con ellas, por consiguiente en el presente documento solamente las vamos a enumerar para que sean tomadas en cuenta cuando se las pruebe adecuadamente. *Desmodium ovalifolium*, *Neonotonia wigthii*, *Calopogonium muconoides*, *Pueraria phaseoloides* (Kudzú), *Macrotyloma axillare*, *Centrocema puvescens*, *Clitorea termatea* y *Macrotylum atropurpureum* (Siratro). (Suquilanda 2003).

Si la cobertura del suelo es buena con los cultivos o plantas locales existentes, no es necesario introducir ninguno de ellos, es más la introducción de alguna

nueva especie puede causar problemas por susceptibilidad a algunas plagas. La cobertura permanente con algunas de estas especies u otras que se tenga en la zona, a más de la sombra del cultivo, producen una gran cantidad de hojarasca que se deposita al nivel del suelo y se va descomponiendo paulatinamente, incorporando materia orgánica al suelo y nutrimentos para las plantas asociadas.

En algunas zonas altas también se puede aprovechar las mezclas de gramíneas con leguminosas, lo que puede favorecer inclusive la alimentación de los animales domésticos, a más de la protección y enriquecimientos del suelo. Lo importante es que la densidad de siembra de ambas especies sea la adecuada, para prevenir que germinen hierbas indeseables.

Como cada especie vegetal tienen un diferente contenido de elementos nutritivos y sus raíces están a diferentes profundidades, es conveniente combinarlas por un lado y rotarlas por otros, con la finalidad de que no provoque ni falta ni acumulación de los elementos nutritivos (Mainardi 2000).

Lumbricultura o vermicultura

Otro excelente medio para producir abono de buena calidad de los desperdicios orgánicos de la finca, de los corrales o de alguna agroindustria cercana es la vermicultura o lumbricultura, (también mal llamada lombricultura).

Hay varias especies de lombrices o vermes para estos propósitos. Algunas de ellas pueden ser altamente específicas en sus materiales para transformar. Requiere de algún cuidado su manejo, pues son muy susceptibles y un mal manejo las puede matar o irse del lugar.

La lombriz más común es la *Eisenia foetida*, que mide unos 8 cm y cuando adulto pesa unos 8 gramos, es hermafrodita, es decir se reproduce por si sola y lo hace durante todo el año, depositando una cápsula de 2 a 20 huevos cada 10 días. Vive aproximadamente unos 15 años (Enríquez 2004; "Lumbricultura" sf.). El humus que resulta de este proceso también se le llama "humus de lombriz".

Existen algunas otras especies que se consideran especializadas como la *Helodrilus caliginosus*, que viene de California y se puede confundir fácilmente con la anterior. Otras son muy usadas en diferentes países como la *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* y la *Perionyx excavatus* (Enríquez 2004), y la *Lumbricus rubellus*, que es típica de los climas templados pero se adapta en algún tiempo a los climas ecuatoriales frescos (Figueroa et al. 1998; Fischersworing 2001).

Para su aprovechamiento se pueden poner en cajas con el fondo de alambre tejido, para que puedan pasar a otra caja cuando hayan cumplido con su objetivo de la primera caja, también puede tener la separación de alambre al costado y seguir poniendo el material orgánico a un lado para que la lombriz baya haciendo su trabajo a lo largo de los cajones. El material orgánico no

debe tener otros materiales extraños como plásticos, hierro, vidrio, etc, ni sustancias tóxicas o contaminantes.

1. Haga un buen plan, tanto del lugar como del manejo de la operación.
2. Preparación del terreno, que esté nivelado, limpio de piedras, vidrios u otros materiales extraños como hemos visto antes.
3. Preparación de las camas, es decir el área de reproducción y producción de la lombriz. Puede variar del tamaño que más convenga, dependiendo si es un negocio o para uso de la finca. La cama debe estar limitada por algún material de madera, plástico o de ladrillo, este material debe ser de fácil acceso o barato. Si el proyecto es en grande y mecanizado, posiblemente no se requiera de camas limitadas o protegidas.
4. Si fuera una operación grande, hay que estimar la instalación del equipo de riego, ya sea en forma simple o con aspersores especialmente colocados. En una operación pequeña de finca de pequeños agricultores, se puede hacer el riego a mano sin equipo complicado.
5. El alimento de las lombrices, siempre debe ser preparado, no se debe poner directamente los desperdicios o fuente de material que no tenga cierta descomposición. Generalmente se dedica un área especial para la preparación del alimento, en donde se pueda cuidar, para que no se contamine con materiales extraños y tenga una preparación y mezcla adecuada. En este lugar se debe controlar, el pH, la humedad, la temperatura y el tamaño máximo de los componentes. Esto es crítico por la delicadeza de la lombriz, la cual puede morir fácilmente.
6. Colocación del alimento en los cajones o espacios para la producción de abono.
7. Siembra de la lombriz. Se estima que una buena proporción es de 2.500 lombrices por metro cuadrado de alimento, puede variar dependiendo de la calidad alimenticia del sustrato. A los 8 días ya las lombrices se están reproduciendo, si no hubiera cápsulas de reproducción, hay que revisar la razón. La principal razón puede ser el tipo de alimento, no bien preparado o de baja calidad.
8. Dependiendo del clima, la densidad de lombrices, la calidad del alimento, etc. el abono se puede estar cosechando a los 4 a 6 meses.
9. Para la recuperación se debe primero retirar la lombriz, lo cual puede realizarse poniendo debajo de los cajones materiales alimenticios nuevos o a los costados, como hemos visto anteriormente. También se puede separar por medio de un tamiz. Con este método también se separan algunos fragmentos que no se han descompuesto o no han pasado por tracto de la lombriz y que pueden interferir en la estabilización del abono.

10. La lombriz que queda después del paso por el tamiz, debe tener un cierto estropeo, para recuperar estas lombrices, lo mejor es separarlas con buen alimento por lo menos por una semana, luego de lo cual ya puede servir para otra inoculación de cama.
11. Una vez recuperada todas las lombrices y cápsulas, se debe prepara el abono para ser ensacado o trasladado al lugar de almacenamiento.
12. Controle la humedad del abono que debe estar alrededor del 30%, para ser almacenado. Algunos agricultores dejan almacenado por algún tiempo, para que finalicen algunos de los procesos de estabilización del abono.
13. Para el mercado, puede ser empacado en los respectivos envases cuyos tamaños dependerán del mercado o del comerciante y de la velocidad en que se va aplicar en el terreno.
14. En caso de almacenar, debe cuidarse de la temperatura y de la humedad y de que no se contamine con materiales extraños. Si fuera necesario se debe secar en alguna forma económica el abono.

En las cama se debe conservar con una buena humedad todo el tiempo, es decir que no este encharcada o que haga polvo (75 %). Un rango aceptable de humedad del material básico inicialmente es de 60 a 90 % de humedad.

La temperatura en la cual pueden funcionar muy bien la mayoría de las lombrices es un promedio de 15,5° a 29,5° C. No es conveniente poner pilas o montones más altos de un metro, siempre son preferibles menores alturas, las ideales no deben pasar de los 40 cm, ni ser menores de 20cm. Si por fallas en las proporciones de las pilas o cajones de las lombrices, la temperatura pasara de los 30 °C, es muy probable que las malas hierbas invadan todo el cajón o los montones.

Algunos materiales básicos usados en la lumbricultura, pueden necesitar enmiendas para tener un mejor abono, o con nutrimentos adecuados, por lo tanto hay que conocer bien el origen y la calidad de cada uno de estos elementos básicos y la especie de lombriz que se está utilizando, porque algunas de ellas son susceptibles a materias extrañas, en cuyo caso la mezcla con otros fertilizantes puede hacerse luego de que haya pasado por tracto digestivo de la lombriz.

Para la mejor digestión de la materia orgánica algunos agricultores hacen mezclas y amontonan por un tiempo los materiales, para que inicien su proceso de descomposición y mejorar el equilibrio de la relación C/N.

Las cajas deben taparse con cuidado, levantarlas del piso o poner paredes laterales, para protegerlas de los enemigos naturales como gallinas, pájaros, otras lombrices, ciempiés, hormigas, ratas, etc.

La conservación del abono es también otro problema a resolverse por cada agricultor. Algunos le gusta poner inmediatamente que sale de las cajas o lugares de producción. A otros agricultores les gusta guardarlo por uno 15 días hasta que se estabilice. Para el parecer de los autores ambas formas son buenas, dependerá del tipo de la base del abono que se disponga y también en la localidad que se produzca. Si proviene de climas más frescos o fríos, puede durar más. Si se produce en la misma finca o sea a bajas altitudes con altas temperaturas será mejor ponerlo en el campo cuanto antes.

Las lombrices no solo sirven para procesar abonos sino que hay muchas o especies o genotipos, que son muy buenos aliados en el suelo, pues ellas al pasar por el tracto digestivo el suelo con los residuos de las cosechas, ayudan en forma muy significativa con el proceso de disponibilidad de los nutrientes a las plantas. Al mismo tiempo mejoran significativamente la estructura del suelo y su aireación, permitiendo mayor oxigenación y por lo tanto mayor facilidad para que otro micro-organismo útil vivan y se multipliquen fácilmente.

Las lombrices son muy susceptibles a los agroquímicos fuertes y desaparecen fácilmente de los suelos que son fertilizados con sustancias inorgánicas, especialmente le afectan insecticidas y matamalezas. En suelos que han sufrido un abundante uso de cobre, prácticamente las lombrices han desaparecido. Cuando se labra mucho el suelo también son afectadas negativamente, por exposición directa al sol y por servir de alimentos a pájaros y otros animales. Las quemadas de los residuos de cosechas también les afectan negativamente.

LOS BIO-ABONOS ESPECIALES

Posiblemente una de las mejores alternativas de los abonos orgánicos para una agricultura limpia es el bio-abono especial de rápida fermentación aeróbica (Enríquez 2004). Este tipo de abono orgánico a más de garantizar la provisión de nutrimentos a la planta tiene la ventaja de que mejora considerablemente la estructura del suelo, porque se enriquece mucho de microorganismos. Cuando se incorpora al suelo, este abono, por períodos largos de tiempo y si se le da un buen uso inclusive puede ayudar al combate de plagas como insectos y enfermedades, que en algunas condiciones son difíciles de manejar por vía cultivo orgánico, tal es el caso de los nemátodos, los cuales casi llegan a desaparecer cuando se usa este tipo de abono.

Si se puede disponer de un bio-abono, sería la mejor opción, puesto que ellos enriquecen al suelo no solo con la materia orgánica sino con una gran cantidad de microorganismos benéficos que ayudan a la liberación de los nutrimentos que en alguna forma han estado fijados en el suelo. Además por que durante el proceso de la fabricación de este abono, se disminuyen los patógenos e insectos, y buena parte de las semillas de malas hierbas han desaparecido por la temperatura alta al germinar o desaparecer al morir.

Al mismo tiempo se pueden aumentar o poner enmiendas en los abonos al prepararlos, especialmente si hay un buen conocimiento del suelo de la finca y se conoce los requerimientos del cultivo y la contribución a la composición química de las enmiendas (Restrepo 2001).

La preparación de un bio-abono, requiere de un poco más de tecnología que los compost, el tipo bocashi, o simples composteras puesto que es una fermentación aeróbica y que requiere de microorganismos especializados, los que deben ser preparados con anticipación y probados que funcionen bien. Además su preparación requiere de una remoción periódica, la que se puede hacer a mano si es una cantidad pequeña, pero será necesario a máquina si es grande.

Por lo general el bio-abono en el país se hace con microorganismos importados desde algunos de los países de climas templados, pero estos materiales tienen un efecto que no siempre es predecible, ni reproducible por cuanto los organismos no se adaptan a las condiciones de los trópicos y peor a los climas y condiciones ecuatoriales.

Se puede hacer selecciones de estos organismos, en un laboratorio especializado, para tener los que se han adaptado bien o que se puedan recolectar localmente, para lo cual se requiere cierto grado de trabajo más científico con personas que tengan más experiencia en el manejo microbiológico.

Para obtener microorganismos adecuados a la fermentación aeróbica localmente se puede recurrir a seleccionar los organismos que están en el suelo y que provoquen fermentación que se pueda dirigir. También Se puede

hacer creando condiciones adecuadas con levadura como veremos más adelante o se puede seleccionar de materiales que se han establecido en bosques naturalmente.

Estas selecciones tienen la gran ventaja que los organismos están viviendo en el medio ecuatorial y pueden trabajar eficientemente sobre los materiales que en la mayoría de los casos también deben ser locales o al menos bien adaptados a la zona y que se adquieran de forma barata.

Hay muchas formas de obtener los microorganismos para la fermentación de un bio-abono, Quizá la más fácil es tomar los preparados que se venden en las tiendas comerciales, que generalmente son de origen foráneo y con un proceso lento se puede seleccionar los individuos que dan resultados en estas latitudes. En algunos casos inicialmente hay una falta de fermentación apropiada, porque las condiciones son diferentes, pero con un poco de paciencia se puede llegar a seleccionar tanto bacterias como hongos que dan una buena fermentación.

Otra manera es a través de pruebas con Yogurt casero sobre una base de avena arroz u otro material orgánico y separando los organismos y luego reproduciéndolos en forma artificial. Este método puede servir hasta para industrializar la producción del caldo inicial, si se tienen las condiciones adecuadas.

Caldo micro-biológico o microbiano

Otra forma es tomar de la rizósfera de plantas seleccionadas y sanas. Hay muchas plantas que han sido seleccionadas en cada lugar donde se practica esta costumbre, lo mejor es hacer unas pruebas preliminares, si la Estación Experimental no ha realizado análisis previos de estos materiales. Machacando las raíces limpias de tierra, pero no lavadas, se mezcla con materiales orgánicos como arroz precocido o ablandado en agua por algún tiempo.

Al seleccionar las plantas (algunas plantas de la familia de las ortigas parecen ser las mejores) hay que ver que estas no estén enfermas y que estén en pleno desarrollo, sin llegar a florecer. Aplaste bien fuerte o machuque las raíces de cuatro o cinco plantas seleccionadas solamente, con un poco de agua limpia pero no del tubo o del sistema de agua potable, por cuanto tienen en general mucho cloro y es perjudicial para estos efectos. Filtre por una tela o trapo limpio y al líquido restante agregue un poco de yogurt natural o casero. Y un poco de melaza, luego haga una disolución hasta tener un litro y medio de volumen y en un recipiente como una botella, debe dejar reposar por unos 8 días.

Desde aquí se puede hacer en grandes cantidades añadiendo cada ocho días porciones de yogurt y de harina de soya, arroz o algún grano cereal que se tenga a mano, de esta manera se puede producir las cantidades necesarias para las aplicaciones que tenga que hacer en la finca.

Este tipo de caldo microbiano se puede aplicar al suelo o la planta, hay que tener muy en cuenta la dosificación, pues al ser a la planta se debe disolver 10 litros del caldo en 200 litros de agua limpia no contaminada, si fuera para el

suelo se debe disolver 20 litros en 200 litros y aplicarlo al suelos las veces que sean necesarias, aproximadamente unas 4 o 5 veces al año.

Figuroa y sus colaboradores (1998), recomiendan un caldo microbiano muy parecido, preparado de la siguiente manera:

Seleccionar plantas que tengan en su rizósfera una buena cantidad de microorganismos estas pueden ser: hierba luisa (*Lippia citriodora*) cebolla roja o blanca (*Allium sativum*), ortiga (*Urtica dioica*), borraja (*Borago officinalis*), el ajeno (*Artemisia absynthyum*), pueden ser muchas otras que el agricultor conozca como adecuadas o que se conozcan en la zona. Seleccione una especie o varias especies si tiene a la mano.

Arranque las plantas completas tratando de sacarle con todas las raíces, puede ayudarse con una herramienta para aflojar la tierra, un rastrillo puede ser apropiado. Sacuda la tierra gruesa, tratando de no romper las raicillas secundarias. Con un poco de agua limpia trate de retirar el resto de tierra, sin dañar las raíces. Con otro poco de agua limpia haga una maceración de las raíces, solamente retirando el resto de la planta que debe cortar con cuidado en el mismo cuello de la raíz. Esta maceración se deja reposar por un tiempo prudencial de 30 a 40 minutos y se la filtra, siguiendo los siguientes pasos:

1. Por separado prepare un recipiente o contenedor de unos 200 litros directamente o puede ser separado en un recipiente menor de unos 20 litros, con un vaso de yogurt fresco o un vaso de cuajada, un vaso de miel de caña o melaza y medio kilogramo de harina de soya, añada una botella del caldo microbiano que preparó antes y lleve la preparación a los 20 litros con agua limpia. Agite fuertemente para que se mezclen bien los ingredientes.
2. A la semana se pone los mismos ingredientes en otros 20 litros de agua, pero en esta ocasión ya no necesita poner más el caldo original que puso en la primera fase. Se agita fuertemente y deja por una semana más.
3. De igual manera en la siguiente semana se pone con unos 40 litros de agua los mismos ingredientes y se agita fuertemente. Será mejor cambiar el yogurt o la miel de caña cada semana, pero pueden ser los mismos.
4. A la semana se repite otra vez, los mismos ingredientes y unos 80 litros de agua, agitando bien y se lleva hasta los 160 litros aproximadamente, de la misma manera se deja reposar por otra semana y ya está listo el caldo microbiano para su aplicación ya asea al suelo o a las plantas, con las mismas recomendaciones anteriores.

Este caldo una vez que se comienza a usar puede ser incrementado con la mismos pasos anteriores, si se va a usar más tarde, es decir se puede tener por algún tiempo, siempre y cuando la forma de prepararlo haya sido lo suficientemente higiénica, como para que no vaya a descomponerse.

Hay que adquirir cierta habilidad para preparar la concentración en cada caso, plantas o suelo. Al poner a las plantas no se debe usar concentraciones muy altas, por cuanto se las puede quemar, hay que experimentar un poco. Para el suelo las concentraciones pueden mayores pero debe tener cierta experiencia con la fertilidad del suelo, especialmente el pH.

Abonos de fermentación aeróbica

El caldo microbiano que hemos visto, al ponerlo al sustrato básico de un compostaje favorece la acción microbiana y la fermentación aeróbica, lo cual resulta en materiales que son fácilmente aprovechados por las raíces de las plantas en una gran cantidad de nutrimentos.

La preparación de este tipo de abonos no es fácil y se requiere de cierta práctica. Si el propósito es hacer grandes cantidades de abono, entonces se requiere de un patio amplio, que no haya polvo es decir compactado, de grandes cantidades de caldo básico y de maquinaria especializada para remover diariamente, y hasta dos veces al día toda la masa fermentando, especialmente si la temperatura sube mucho o es muy baja.

Como la temperatura combate a los insectos que están presentes, algunos microorganismos parásitos, nematodos, semillas de malas hierbas, etc., hay que tener cuidado de que se mantenga siempre alrededor de 50° C. Algunos abonos durante el proceso de fermentación, pueden llegar hasta los 70 °C.

Otro método que se puede practicar con mucha paciencia es, colectando material en descomposición de un bosque y siguiendo un proceso más o menos similar al descrito anteriormente se puede obtener un caldo que también sirva para hacer bio-abono en pequeñas o grandes cantidades.

En el mercado se encuentra un agente de compostaje que ha dado algunos resultados comprobados que se llama Oiko Bac-174, que puede compostar eficientemente toda clase de materiales orgánicos en un período de 6 a 8 semanas, produciendo un bio-abono orgánico de alta calidad. En su composición este agente contiene varios microorganismos como *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. polymyxa*, *B. macerans*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Nocardia corallina*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Trichoderma viride*, viene en medio de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*). Cada uno de estos grupos de microorganismos tiene funciones específicas durante el proceso, (OIKOS 2002).

Fertilizantes foliares

Quizá el más importante para muchos cultivos (café especialmente) es el caldo microbiano que hemos descrito antes, cuya fórmula exacta, dosis y periodicidad de aplicación, la tienen que experimentar cada agricultor con su cultivo los sus cultivos asociados, al igual que otros cultivos ya sean perennes o anuales, para tener mejores resultados.

Actualmente se están popularizando rápidamente los fertilizantes foliares, de los cuales se encuentran en gran cantidad y con diferentes fórmulas y marcas. En estas recomendaciones no vamos a detallar cada uno de ellos puesto que cada día salen al mercado mas marcas y muchas de ellas no han sido probadas en los cultivos de climas ecuatoriales, pues la gran mayoría vienen específicos para cultivos especiales como flores, hortalizas, para hidroponía, etc. y su aplicación directa al cacao, café u otros cultivos perennes ecuatoriales, pueden ser dudosas, sin haber hecho antes algunas pruebas.

Lo más importante quizá no es solo las pruebas sino que habría que ver si son económicamente viables, pues la gran mayoría son muy caros y su uso puede no ser económico. Se conoce que algunos de ellos como los de origen español y alemán que se distribuyen en los Estados Unidos en forma normal, son de alta calidad y que pueden ser usados con cierta confianza, tal es el caso de los abonos distribuidos por Bioaga USA Corporation, como el EKOLOGIK que es un fertilizante natural ecológico.

Un bio-estimulante que el autor no conocen que se haya probado bien en cacao, café u otros cultivos ecuatoriales es MORE®, que se produce con base en citoquininas, ácido indol 3 butírico y ácido giberélico, que se podría probar, especialmente durante la época de floración.

Al encontrar en el mercado abonos foliares, tenga siempre la precaución de consultar a un técnico especialista en fertilizantes, no necesariamente la persona que los vende.

Todo abono orgánico usado debe registrarse con cuidado, las fuentes de abono y procedimientos para la elaboración y uso deben documentarse para dar razón a la agencia certificadora, si ese es el propósito, con todos los detalles posibles, incluyendo los análisis químicos.

EL SUELO PARA CULTIVOS

Características químicas del suelo

En este capítulo veremos algo sobre la fertilidad del suelo para un buen cultivo, aplicando buenas prácticas agrícolas y algo de la química del suelo, para recordarles a los agricultores lo importante que es la fertilidad y la fertilización adecuadas de un cultivo bien llevado. La agricultura limpia o con miras a ser certificada se puede definir como “manejar el suelo y el equilibrio natural para atacar las causas de los problemas, con un enfoque preventivo antes que correctivo (Rodríguez et al. 2005).

La fertilidad, la acidez y la capacidad de intercambio catiónico son las principales características químicas de los suelos.

Fertilidad del suelo

La fertilidad química se define como la cualidad que le permite al suelo proveer de los nutrimentos apropiados, en las cantidades adecuadas y bajo un correcto balance para el crecimiento de las plantas, su reproducción y su producción como cultivo. La fertilidad del suelo es parte de un proceso dinámico, que permite entender como funciona la productividad del suelo, junto al potencial genético de los cultivos, reconociendo las relaciones existentes entre el suelo y la planta.

Se distinguen dos tipos de fertilidad química del suelo: fertilidad potencial y fertilidad actual. La fertilidad potencial se refiere a la capacidad del suelo para suplir elementos nutritivos desde sus reservas inorgánicas y orgánicas, a través de los procesos de meteorización y mineralización microbiana, respectivamente. La fertilidad potencial del suelo está determinada por la composición mineralógica de las fracciones arena y limo, la cantidad y composición química de la materia orgánica del suelo; así como, por la cantidad y tipo de iones intercambiables.

La fertilidad actual hace referencia a la tasa a la cual los elementos nutritivos se convierten en aprovechables para los cultivos. Esta tasa es gobernada por el equilibrio de asimilación-reposición en el que intervienen los sólidos y la humedad del suelo, por un lado, y la solución del suelo y las raíces de las plantas, por otro.

Acidez del suelo

La acidez en el suelo se relaciona con la concentración de iones de hidrógeno en la solución del suelo y se expresa con un parámetro denominando potencial hidrógeno “pH”. El termino pH define la relativa condición básica o ácida del suelo. La escala del pH cubre un rango que va de 0 a 14. Un valor de 7 es neutro, mientras que valores menores son ácidos y mayores son básicos.

En el Ecuador, la mayor parte de los suelos dedicados a cultivos se encuentran en niveles ligeramente ácidos (L.Ac.), el 28%; prácticamente neutro (P.N.), el 24% y medianamente ácidos (Me.Ac.), el 22 por ciento.

El laboratorio de suelos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), emplea las siguientes categorías para la descripción del pH (Cuadro 10).

Cuadro 10. Escala de pH empleada por el laboratorio de Suelos del INIAP.

pH	Denominación	Siglas
<5,0	muy ácido	M. Ac.
5,0 – 5,5	Ácido	Ac.
>5,5 – 6,0	medianamente ácido	Me. Ac.
>6,0 – 6,5	ligeramente ácido	L. Ac.
>6,5 – 7,5	prácticamente neutro	P. N.
7,0	Neutro	N.
>7,5 – 8,0	ligeramente alcalino	L. Al.
>8,0 – 8,5	medianamente alcalino	Me. Al.
	Alcalino	Al.

Capacidad de Intercambio Catiónico

La planta asimila los nutrimentos en forma de cationes y aniones. Estos se originan a partir de los elementos minerales que entran en la solución del suelo. Los cationes son retenidos en los sitios de carga negativa y liberados cuando disminuye su concentración en la solución del suelo. Este proceso se llama “intercambio de cationes”. Esta capacidad constituye uno de los parámetros más importantes de la fertilidad del suelo; pues de esta manera se mantiene una reserva de potasio, magnesio y calcio fácilmente disponible, no sujeta a ser llevada o lixiviada con el agua al subsuelo.

El número total de cationes intercambiables que un suelo puede retener se denomina “capacidad de intercambio de cationes” (CIC). La CIC depende de la cantidad y tipo de arcillas y del contenido de materia orgánica presentes en el suelo. Cuando mayores son los contenidos de materia orgánica y arcillas, la CIC se incrementa. La CIC de un suelo se expresa en términos de mili-equivalentes/100 gramos de suelo (meq/100 g) o centimoles/litro.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO

En el suelo se encuentran infinitas formas de vida, desde la macro-vida (organismos macroscópicos) hasta la micro-vida (organismos microscópicos). En el suelo están las bases de todos los procesos biológicos y bioquímicos para que los minerales y los seres vivos se encuentren en estrecha relación.

El conjunto de organismos del suelo se llama “edafón”. Entre sus funciones más relevantes se pueden citar las siguientes: la descomposición de material orgánico muerto, producción de humus, mineralización, reciclaje, movilización e inmovilización de nutrientes y energía, fijación de nitrógeno, meteorización, formación de agregados, aireación del suelo y mezcla de diferentes componentes y capas del suelo.

Características de la materia orgánica

La materia orgánica en el suelo está constituida por todos los residuos, sean estos de origen animal, vegetal o industrial, en diferentes estados de descomposición, por lo cual se lo considera como materia orgánica total.

Debido a su propia constitución, el suelo retiene una buena parte del C del ambiente, reduciendo sensiblemente el efecto invernadero. Regula la circulación del agua. Promueve la vida micro-orgánica con energía y nutrientes.

En suelos pesados, la materia orgánica incrementa la aireación, modifica la estructura del suelo haciéndola más suelta y facilita la labranza. En suelos arenosos incrementa la retención del agua. Estabiliza los agregados del suelo, previene la compactación y la erosión sellando el suelo fuertemente. Mejora la retención del calor del suelo debido al color oscuro.

En el suelo constituye la mejor reserva de los nutrientes, aumenta el intercambio de cationes, regula el pH sirviendo como tampón. Reduce la toxicidad de algunos elementos como el aluminio y el manganeso. Los ácidos fúlvicos forman quelatos que mejora el movimiento de micro-elementos en las plantas. Promueve el desarrollo del suelo por medio de los quelatos y los ácidos húmicos, meteorizando las rocas. Reduce la lixiviación de los nutrientes. Promueve la producción de fito-hormonas y enzimas. Mejora la resistencia a enfermedades e insectos y otras plagas, en las plantas debido a la presencia de fenoles y otros complejos orgánicos.

La materia Orgánica como se dijo anteriormente es muy susceptible a la temperatura, (sobre los 25 °C), razón por la cual se debe mantener protegida adecuadamente durante el proceso del cultivo. La destrucción de la materia orgánica, puede desprender elementos que perjudicarán no solo a las otras plantas sino que pueden ser arrastradas a las aguas y afectar seriamente su pureza.

Macroorganismos del suelo

La acción de los macroorganismos, vegetales y animales, permite mejorar la estructura y fertilidad de los suelos, favorecer la formación de humus, desarrollar la micro-vida del suelo, permitir la circulación de agua y aire, y mezclar los horizontes del suelo, entre otras.

Entre los macroorganismos más importantes para los procesos biológicos del suelo se mencionan a las propias raíces de las plantas cultivadas o arvenses, a los mamíferos, artrópodos, moluscos y de mucha importancia las lombrices.

a) Las raíces.- Los macroorganismos más importantes del suelo, son las raíces de las plantas. Para su nutrición, las raíces desarrollan relaciones con otros organismos vivos del suelo. Tienen la capacidad de penetrar aún en rocas fuertes rompiéndolas y promoviendo el desarrollo del suelo. Al morir la planta la destrucción de la raíz es lenta y deja espacios por donde circula una mayor cantidad de aire, de donde toman los organismos algunos gases indispensables para su desarrollo.

b) Los mamíferos.- En este grupo se incluyen principalmente a los ratones y otros roedores, que tienen la capacidad de crear complejas redes de galerías, favoreciendo la circulación del agua y el aire; además, de mezclar los diferentes horizontes de los suelos.

c) Los artrópodos.- Muchas especies de la fauna del suelo pertenecen a este grupo, destacándose los crustáceos, arácnidos, miriápodos, colémbolas e insectos, cuya acción principal es la trituración y digestión de materiales orgánicos que se encuentran depositados en el suelo.

d) Los moluscos.- Intervienen activamente en la digestión de la materia orgánica previo a su incorporación al suelo. Entre los moluscos se pueden indicar a las babosas y caracoles.

e) Las lombrices.- Constituyen un verdadero intestino de un suelo orgánico. Es parte del complejo de organismos del suelo o vermes y otros (Desde el Surco 2001). Con sus acciones mecánicas y químico-biológicas, se transforman en verdaderos agentes vivos de formación y conservación de la fertilidad de los suelos, al mismo tiempo que favorecen el desarrollo de su microbiología. Y pueden modificar la estructura por los canales que forman durante su paso buscando alimentos, agua y durante la reproducción.

Microorganismos del suelo

La acción de los microorganismos permite entre otras cosas: crear nichos ecológicos entre especies, establecer relaciones simbióticas, estabilizar la estructura del suelo, formar y producir humus y antibióticos, provocar reacciones químicas, mineralizar la materia orgánica, estabilizar el pH y oxidar elementos como fósforo, azufre y selenio.

Este grupo lo constituyen principalmente: bacterias, algas, hongos, amebas y actinomicetos.

a) Las bacterias.- Su gran variabilidad bioquímica les permite transformar todas las sustancias del suelo e introducirlas al mundo vegetal; son organismos capaces de utilizar la energía del sol, de la tierra y de la materia mineral u orgánica del suelo.

b) Las algas.- Son microorganismos que aportan materia orgánica a los suelos y, en simbiosis con las cianobacterias, fijan nitrógeno, limitando su actividad a períodos de humedad en los suelos.

c) Los hongos.- Representan dos terceras partes de la biomasa microbiana del suelo y le aportan estabilidad estructural. Con algunas bacterias específicas son los únicos organismos en la tierra capaces de descomponer la lignina de las plantas para convertirse en la principal fuente de humus del suelo. Algunos tipos de hongos de los géneros *Glomus spp.*, *Sclerocystis spp.* y *Acaulospora spp.*, entre otros, se asocian a las raíces de las plantas formando las denominadas “micorrizas”.

d) Las amebas.- Consumen desde materiales orgánicos hasta bacterias, permitiendo un equilibrio con las demás poblaciones microbiológicas del suelo. Las amebas permiten que los hongos puedan atacar la lignina y degradarla para transformarla en humus.

e) Los actinomicetos.- Son organismos intermedios entre los hongos y bacterias. Participan en la formación del humus y están asociados a la actividad de los hongos. También participan en la mineralización de la materia orgánica.

f) Nemátodos.- Son pequeños gusanillos, que carecen de segmentos. Son los más primitivos entre los animales del suelo, sin embargo, tienen sistemas de digestión y de excreción, un sistema nervioso simple y su reproducción es diferenciada, sexual, con dimorfismo acentuado en muchos casos. Su tamaño varía entre 0,2 a 4,0 mm. Algunos de ellos son parásitos de las plantas, que han sido los más estudiados, sin embargo la gran mayoría vive en el suelo, pero desconocemos su papel dentro de él.

Los elementos nutritivos esenciales para un cultivo

Se conocen 16 elementos químicos esenciales para el crecimiento de las plantas. Estos elementos están divididos en dos grandes grupos: minerales y no minerales. Los nutrimentos no minerales son: carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), que se encuentran en el agua y en la atmósfera e intervienen en la fotosíntesis. Los nutrimentos minerales son provenientes del suelo y se subdividen en macro nutrimentos y micro nutrimentos.

Los macro nutrimentos son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Los micro nutrimentos son: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn).

En los suelos ecuatoriales y tropicales en general, el macro elemento más deficitario es el nitrógeno (74%), seguido por el azufre (65%) y el fósforo (47%). El potasio, el calcio y el magnesio se encuentran, por lo general, en concentraciones adecuadas. En relación con los micro elementos, un 40% de los suelos ecuatoriales, tienen contenidos bajos de boro y zinc.

En el Cuadro 11 se presenta, a manera de ejemplo, una interpretación de los niveles de fertilidad calificados como alto, medio y bajo, esto lógicamente no es exacto para cualquier laboratorio, porque alguno de ellos puede tener otra forma de interpretarlo (Enríquez 1985a, Snoeck y Jaldín 1991). Los resultados de Snoeck y Jaldín del año 1991 para Malasia, coinciden bastante bien con los presentes.

Cuadro 11. Guía para la interpretación de los niveles de elementos en la clasificación nutricional del suelo.

RANGO DE FERTILIDAD RELATIVA			
Elemento y método	Alto	Medio	Bajo
pH (en agua 1:2,5)	7,5 - 6,5	6,4 - 5,1	< 5,0
Materia orgánica (combustión húmeda)	> 6,1	6,0 - 3,1	< 3,0
Relación C/N	9,5 - 10,4	15,5 - 10,5	>15,6 o <9,4
Nitrógeno total % (Kjeldahl)	> 0,41	0,40 - 0,21	<0,20
Fósforo P ppm (Mehlich)	> 16	15 - 16	< 5
Fósforo P/ml (Olsen modificado)	> 21	20 - 12	< 12
Fósforo disponible P ₂ O ₅ ppm (Truog)	> 120	119 - 21	< 20
Potasio intercambiable Meq/100g (Acetato de amonio iN, pH 7,0)	> 0,41	0,40 - 0,16	< 0,15
Potasio extraíble meq/100 ml (Olsen modificado)	> 0,41	0,40 - 0,21	< 0,20
Azufre S-SO ₄ /ml (Fósforo monocalcico 500 ppm P)	> 21	20 - 13	< 12
Calcio intercambiable meq/100g (Acetato de amonio 1N pH 7,0)	> 18,1	18,2 - 4,1	< 4

Calcio extraíble, meq/100 ml (Cloruro de potasio 1N)	> 4,1	4 - 2	< 2
Magnesio intercambia-ble meq/100 g (Acetato de Amonio 1N, pH 7,0)	> 4,5	4,4 - 0,9	< 0,8
Magnesio extraíble meq/100 ml (Cloruro de potasio 1N)	> 2,1	2,0 - 0,8	< 0,8
Capacidad de inter-cambio de cationes Meq/100 g (Acetato de amonio, 1N pH 7,0)	> 30,1	30 - 12,1	< 12
Saturación de aluminio % (KCL 1N)	0 - 10	11 - 25	< 26
Aluminio meq/100 ml (KCL 1N)	> 0,30	0,31 – 1,50	< 1,51
Boro (en agua caliente) ppm	> 15	20 a 100	< 200

Adaptado de: Enríquez 1985a; 2010; Bertsch 1986; Alpizar et al.1997; Salazar 2011).

La mayoría de los laboratorios pueden tener alguna otra manera química o biológica de analizar los contenidos de nutrimentos del suelo, diferente a la presentada aquí, por lo tanto se debe tener cuidado de interpretarlos adecuadamente, puesto que los límites de las clasificaciones pueden ser diferentes; por ejemplo, si se extrae el fósforo por el método de Mehlich o el de Truog. Se conoce que hay varias formas de extraer el fósforo de un suelo y cada una tiene sus límites de interpretación y por consiguiente de recomendación.

A manera de un ejemplo veamos lo que sucede en el caso del cacao. Una cosecha de cacao seco de 1.000 kg/ha/año, extrae aproximadamente del suelo 44 kg de nitrógeno (N), 10 kg de fósforo (P205) y 77 kg de potasio (K2O); estos nutrimentos deben ser restituidos, teniendo en cuenta que al aplicar en forma de abono orgánico, no todo el elemento que se pone está a disposición de la planta, siempre se escapa un poco por la lixiviación del agua de percolación o se pierde porque otros organismos o plantas los toman del medio.

Si las mazorcas del cacao son abiertas en el campo y las cáscaras se esparcen en el medio, con la misma producción de 1000 kg/ha se reciclará aproximadamente 2 kg de nitrógeno (N), 5 kg de fósforo (P205) y 24 kg de potasio (K2O), esto se debe tener en cuenta para el cálculo de las necesidades de fertilizante que se debe poner al suelo.

Un estimado de los fertilizantes aplicables se propone en el Cuadro 12. Las cantidades están expresadas en elemento puro por hectárea, por lo que se

debe hacer el cálculo del fertilizante orgánico equivalente, según las formulaciones de fertilizante disponible.

Cuadro 12. Estimado de fertilizantes orgánicos para aplicación en el suelo, expresado en kg/ha.

Interpretación del análisis			
Elementos	Alto	Medio	Bajo
N	40	80	120
P ₂ O ₅	20	40	60
K ₂ O	20	50	150
S, (S ₀₄)	--	50	150
Ca	--	150	340
Mg	--	10	15
Bo	1	1,4	2,5

Adaptado de: Enríquez 1985a; 2004; 2010, Bertsch 1986; Alpizar et al. 1997; Salazar 2011.

Relaciones planta suelo

Análisis foliar

Otros métodos para estimar la fertilidad del suelo es el análisis foliar de las plantas y las pruebas biológicas, (Enríquez 2004; 2010; Enríquez et al. 1014a) estas últimas son un poco complicadas y se requiere de algunas habilidades e instrumental especializado, por lo tanto en el presente texto no vamos a describirlas.

El análisis foliar es una herramienta bastante antigua para algunos cultivos, pero se la ha dejado un poco a un lado debido a que en la agricultura de punta, resultaba bastante tediosa la toma de muestras y se ha usado más que nada para detectar deficiencias o exceso de nutrimentos en pequeñas porciones del cultivo. Los conocimientos del suelo en forma general eran suficientes para saber que los elementos mayores eran los más importantes y con pequeñas cantidades añadidas o incorporadas a los abonos minerales de síntesis, se garantizaba la presencia de casi todos los elementos.

En agricultura limpia, la presencia de todos los elementos tanto macro como micros, no se puede garantizar a priori, por lo tanto se recomienda incluir esta práctica para corregir errores de la fertilización orgánica, especialmente si no se tiene análisis completos de todas las bases de los abonos.

Cuando el problema no se puede aclarar con un análisis foliar, entonces hay que recurrir a las otras pruebas mencionadas de invernadero, o investigar el posible problema de ataque de plagas a las raíces, ya que se han encontrado problemas muy serios de ataques de enfermedades, que interfieren con las relaciones planta suelo (Bertsch, et al., 1997).

Funciones y deficiencias de los nutrimentos

Para valorar la importancia de los nutrimentos del suelo en la producción agropecuaria es necesario conocer el papel específico o funciones de los nutrimentos minerales en las plantas. Los nutrimentos se encuentran en el suelo en cantidades variables, en exceso, en cantidades adecuadas o en situaciones de déficit.

En la mayoría de los casos, las cantidades de nutrimentos no son suficientes para la adecuada nutrición de la planta y es necesario suplementar el requerimiento de los cultivos mediante la fertilización. Cuando escasea en el suelo, cualquiera de los nutrimentos esenciales, las plantas cultivadas presentan alteraciones morfo-fisiológicas, de color y una reducción de su capacidad productiva. En algunas circunstancias, puede haber niveles muy altos de un elemento químico que se vuelve tóxico para los cultivos.

Los síntomas de carencia son característicos para cada planta y cada nutrimento y se pueden observar en los campos de cultivo o en plantas aisladas. Generalmente, las deficiencias de minerales en las plantas aparecen cuando ya el cultivo ha perdido una buena parte de su potencial de rendimiento por mal nutrición.

Como no es posible dar ejemplo de muchas plantas con deficiencias de elementos nutricionales, veremos un ejemplo tomado de COFECAC (Enríquez y Duicela 2014b), de plantas de café y en algunos casos de cacao Enríquez 2010). El muestreo de las hojas es el siguiente:

- a) Tomar 50 a 60 pares de hojas, en varios puntos del cafetal, en al menos 40 cafetos tomados al azar.
- b) Hojas en pleno desarrollo, tomando el cuarto par del brote hacia adentro.
- c) La ubicación de las ramas debe ser en el tercio superior del cafeto.
- d) Evitar hojas en mal estado, con daños mecánicos, afectada por plagas, cubiertas de polvo o residuos de aplicaciones de abonos foliares.
- e) Todas las muestras deben ser colocadas en fundas de papel (no plástico). Debe etiquetarse con los todos los datos para su identificación.

La información del laboratorio debe ser cuantitativa (en términos de % y en ppm) y cualitativa que se clasifican en tres alternativas: D= deficiente, A= adecuado y E= excesivo. Exija al técnico del laboratorio la interpretación adecuada y la recomendación. Algo similar de cómo hemos visto en los análisis de suelo. Cuando se integran los dos análisis, se tiene mejores criterios para modificar la fertilización o para continuar con la misma sin alteración ninguna.

Veremos a continuación los macro y micro elementos:

Nitrogeno (N)

Existe en formas muy diversas como gas, en sales fácilmente solubles y en los variables, que van desde el -3 hasta el +5. El nitrógeno es esencial para el crecimiento de la planta y forma parte de cada célula viviente, por lo tanto es

determinante para la producción y la calidad de la planta y de los productos (Benzing 2001).

Las plantas absorben la mayoría del N en forma de iones de amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-). El N es necesario para la síntesis de la clorofila y forma parte de la molécula de clorofila, actuando en el proceso de la fotosíntesis. El N es directamente responsable del incremento del contenido de proteínas en las plantas. El contenido del N total del suelo es una función directa del contenido de materia orgánica, ya que entre el 80 al 97 % del N está en ella. Para la agricultura orgánica la fijación biológica del nitrógeno, es la única fuente, debido a las formas de reciclaje.

El nitrógeno es el principal factor limitante en la mayoría de los ecosistemas terrestres, puesto que gran parte está en permanente circulación entre el suelo, la biosfera y la atmósfera terrestre, por lo tanto hay un peligro de pérdida, hacia la atmósfera muy grande, al momento de ponerlo en el suelo descuidadamente o en compuestos que no permitan la rápida absorción por las plantas o fijación en otras formas u organismos. Es muy difícil encontrar minas explotables de N (Benzing 2001), excepto en compuestos como el salitre Chileno o guano del Perú, donde se encuentra el proporciones bastante altas.

La deficiencia del N provoca clorosis o amarillamiento de las hojas debido a la presencia reducida de clorofila. La clorosis afecta uniformemente la lámina foliar entera, incluyendo las nervaduras. En el cacao y en el cafeto, el amarillamiento es parejo en toda la hoja comenzando en la base de las ramas y extendiéndose hacia la punta. En el caso de las hojas tiernas o nuevas conservan algo de su color. Si la deficiencia es aguda las hojas se caen, los frutos se vuelven amarillos, crecen muy poco y se desprenden con facilidad.



Figura 8. Deficiencia de N, en plantas de café joven. COFENAC.

Fósforo (P)

El fósforo desempeña un papel metabólico en la respiración y fotosíntesis, en el almacenamiento y transferencia de energía; así como, en la división y crecimiento celular. En asociación con el magnesio y el zinc, apoya la absorción de otros macro y micro nutrientes. El Fósforo, asociado con el

Potasio, interviene en la formación y maduración de los frutos; así como en la reserva de almidones.

El ciclo del P en la naturaleza es casi cerrado, es decir se puede perder poco, diferente a lo que sucede con el N. Los sedimentos marinos de P son una pequeña fracción de las fuentes de reserva, pero que es poco explotada y si se sigue al ritmo las reservas se pueden agotar en unos 200 años, o menos dependiendo del grado de explotación. Al aplicarse en forma inorgánica, sin el debido control, se pueden hacer grandes acumulaciones en el suelo (Benzing 2001).

Es difícil detectar la cantidad disponible de P en el suelo para las plantas ya que hay muchas formas de extraerlo de una muestra de suelos y por lo tanto la interpretación de rico o pobre puede ser o es de hecho muy diferente, de un método a otro (Enríquez 1985).

El P entre otros es requerido para formar el ácido nucleico, especialmente para almacenamiento y transferencia de la energía, en las cadenas de ADN. Está presente en las membranas, en las semillas y en el polen. Dentro de la célula, en las vacuolas, también se puede acumular un poco de P inorgánico (Benzing 2001).

En las plantas deficientes de fósforo, el crecimiento es lento o se detiene. Las hojas, y en ocasiones los tallos, pueden desarrollar un color rojizo-púrpura, especialmente durante las etapas tempranas de crecimiento. La maduración de los frutos se retarda, restringiendo el desarrollo de las raíces fibrosas. Los pecíolos, las hojas y los márgenes de las hojas se tuercen hacia arriba.



**Figura 9. Deficiencia en fósforo. Nótese que hay pocas flores.
COFENAC.**

En algunos casos el último síntoma puede ser la presencia de plantas muy pequeñas y la reducción drástica de la cosecha. En las hojas viejas se presentan manchas amarillas en las cuales se observan coloraciones rojizas, debido a la capacidad de trasladar nutrientes, hacia las hojas tiernas deficientes, tal como el N. Las manchas son de diferentes tamaños y pueden cubrir casi toda la hoja. En casos severos se produce la caída total de las hojas de las ramas que tienen frutos en maduración.

Potasio (K)

Al igual que el Mg y el Ca, la gran mayoría del K, se encuentra en forma estructural en las partículas del suelo y se encuentra muy poco en la materia orgánica.

El potasio ayuda a las plantas a resistir el ataque de las enfermedades. No lo hace como un agente directo de combate, sino porque fortalece los mecanismos naturales de resistencia de la planta. El K refuerza la epidermis de las células permitiendo tener tallos fuertes que resisten el ataque de plagas.

El síntoma de deficiencia más común en la mayoría de los cultivos es el quemado de los bordes de las hojas. Este síntoma generalmente aparece primero en las hojas viejas. Las plantas crecen lentamente y tienen un sistema radical pobremente desarrollado. Los tallos son débiles por lo cual se vuelcan o acaman fácilmente. Las semillas y frutos son pequeños y arrugados.



Figura 10. Deficiencia de potasio. Nótese los bordes secos. COFENAC.

La deficiencia de K afecta primero a las hojas más viejas y luego de que éstas caen, avanza hacia el ápice de la rama, desfoliándose completamente. Al principio aparece un amarillamiento que luego se torna de color pardo oscuro, solamente en los bordes y en las puntas de las hojas viejas, que se enrollan hacia el haz. Cuando la deficiencia es grave, los bordes amarillentos se secan, tornándose gris y produciendo la caída de las hojas. Al igual que en varios cultivos el potasio puede ser reemplazado parcial o totalmente con el Na.

Calcio (Ca)

El calcio dentro de la planta funciona de varias formas: estimula el desarrollo de las raíces y las hojas, forma compuestos de las paredes celulares, fortalece la estructura de las plantas, ayuda a reducir el nitrato (NO_3) en la planta y a activar varios sistemas enzimáticos, neutraliza los ácidos orgánicos e influye directamente en el rendimiento. Además, el Ca estimula la actividad microbiana, la disponibilidad del molibdeno y la absorción de otros nutrimentos.

Un síntoma común de la deficiencia del calcio en las plantas es un pobre crecimiento de las raíces. Además, se pudren las hojas jóvenes y otros tejidos nuevos, debido a que el calcio no se trasloca dentro de la planta. Los tejidos

nuevos necesitan calcio para la formación de sus paredes celulares; por lo tanto, la deficiencia de este elemento causa que los puntos de crecimiento sean gelatinosos.

En el cacao, el cafeto y unos pocos cultivos ecuatoriales, no es común la deficiencia de este elemento. Cuando hay carencia de Ca en el cacao y el cafeto, aparece una clorosis en las hojas jóvenes, que se extiende desde el borde de las hojas hacia el centro, quedando junto a la nervadura central una zona verde oscura irregular endentada. Además, puede ocurrir una deformación convexa de la hoja, dando un aspecto de copa invertida. Si la deficiencia es muy aguda, puede ocurrir la muerte regresiva.

En los sistemas de cultivo convencionales, es común usar la cal viva (CaO), para el encalado de los suelos, en la agricultura orgánica, se recomienda el uso de carbonato de calcio (Ca CO₃), debido a su acción más lenta y un menor efecto negativo en los organismos del suelo. Un encalado mal aplicado, puede tener un efecto negativo en la mineralización de la materia orgánica (Benzing 2001).

Magnesio (Mg)

El magnesio es absorbido por las plantas como catión Mg⁺⁺. Forma parte de la molécula de clorofila; por lo tanto, está involucrado activamente en la fotosíntesis. Las semillas también tienen un contenido relativamente alto de Mg. Este elemento también interviene en el metabolismo del Fósforo, en la respiración y en la activación de muchos sistemas enzimáticos en las plantas.

Los síntomas de la deficiencia de Mg aparecen primero en las hojas viejas, como una decoloración amarillenta, pero las nervaduras permanecen verdes; las hojas pueden volverse quebradizas y doblarse hacia arriba, tornándose más finas de lo normal. Un contenido bajo de Mg, puede conducir a una disminución de la fotosíntesis.

En el cultivo de café la deficiencia de este elemento provoca que en las hojas viejas se presenten manchas bronceadas entre las nervaduras. Las nervaduras principales siempre conservan su color verde. El amarillamiento empieza en la base de la rama y se va extendiendo hacia la punta, provocando la pérdida de hojas.



Figura 11. Deficiencia de magnesio. Amarillamiento intervenal de la hoja. COFENAC.

El K, Ca y el Mg, tienden a agotarse rápidamente con el tiempo, en un suelo cultivado, especialmente en climas húmedos, esto se puede remediar aplicación de residuos orgánicos, siembra de árboles con el sistema radical profundo, cobertura permanente y el encalado.

Azufre (S)

El S presenta diferentes valencias como el N y puede estar en forma sólida, líquida o gaseosa. El Ecuador tiene algunos yacimientos de S, tanto en Chimborazo como en el Carchi, de los cuales se puede explotar en cantidades adecuadas para uso agrícola y otros. Casi todo el S del suelo se encuentra en la materia orgánica (más del 90%). Las cenizas volcánicas tienen relativamente un alto contenido de S (Benzing 2001).

Cuando se aplican agroquímicos con S, estos pueden hacer funciones de fertilizantes y acumular algo del S inorgánico en la materia orgánica. El Azufre ayuda a desarrollar enzimas y vitaminas; además promueve la nodulación en las leguminosas, ayuda en la producción de semilla de las plantas y es necesario en la formación de la clorofila, a pesar de no ser un constituyente de este compuesto. El S es parte de los aminoácidos como la cisteína y metionina y, por lo tanto, de las proteínas. Si el nivel de S es adecuado en las plantas, estas tienen una buena resistencia a las plagas (insectos y enfermedades).

Las plantas deficientes en S son de color verde pálido. Los síntomas se parecen mucho a la deficiencia del N. Los síntomas de deficiencia de S generalmente aparecen primero en las hojas nuevas superiores; mientras que la deficiencia del N se observa primero en las hojas inferiores viejas. Sin embargo, con la deficiencia del S, la planta entera toma una apariencia verde pálida. Las hojas tienden a arrugarse a medida que la deficiencia progresa, los tallos de las plantas son delgados y fibrosos, esto se debe a que la deficiencia obstaculiza la síntesis de las proteínas, acumulando otros elementos que causan otros tipos de problemas.

En las hojas del cafeto, los síntomas de la deficiencia del azufre se observa un moteado parecido a los síntomas de las deficiencias del zinc o hierro.

Las reservas de cationes básicos, K, Mg, Ca y en algunas ocasiones el Na, (con aquellas plantas que es esencial), en los climas muy húmedos tienden a agotarse rápidamente, para evitar esta pérdida se recomienda recircular los residuos orgánicos, sembrar árboles con raíces profundas, que extraigan del subsuelo o las profundidades estos elementos lixiviados, en algunas ocasiones ayuda el encalado de los suelos.

Micro nutrimentos

Los micro nutrimentos en el suelo tienen gran importancia aunque sus cantidades sean muy pequeñas en comparación con los macro nutrimentos. Probablemente es más favorable mantener el pH alrededor de 6 antes que de 7 para balancear la solubilidad de los diferentes micro nutrimentos.

Los reglamentos de agricultura orgánica permiten generalmente la aplicación de micro nutrientes en forma mineral o quelatizada, aunque no en forma preventiva o rutinario, sino con base en el análisis de suelo o de plantas. Los abonos orgánicos son probablemente la fuente más importante de de los micro nutrientes (Benzing 2001).

Zinc (Zn)

En el suelo el zinc, se encuentra en formas de carbonatos, silicatos y ocasionalmente en otros compuestos. En la planta, la función del zinc no es completamente conocida; sin embargo, se sabe que es importante en el crecimiento de ellas. Activa enzimas y forma parte de varias otras sustancias, así como la estructura terciaria de las proteínas. Es necesario para la síntesis de auxinas y del triptófano; además, aumenta la eficiencia del fósforo.

La deficiencia de zinc se manifiesta en suelos alcalinos o con mucho fósforo, reduciendo la síntesis de las proteínas. Se presenta en el cafeto generalmente en las hojas jóvenes, las que crecen poco, en forma alargada y con los bordes ondulados. Generalmente, los síntomas más visibles se aprecian en la punta de las ramas. Los cafetos recepados, deficientes en zinc, emiten brotes con hojas de forma acanalada y bordes amarillentos.



Figura 12. Deficiencia de zinc, nótese el achaparamiento de los brotes y la coloración de la planta. COFENAC.

Cuando hay exceso de zinc, los síntomas son de clorosis en las hojas jóvenes y un pobre crecimiento del sistema radical (Benzing 2001). Para reducir el exceso de zinc en algunos suelos se debe cultivar ajonjolí, que extrae y retiene una buena cantidad del elemento nutritivo, con valores de 100 a 350 ppm. (Gomez 2000b).

Cobre (Cu)

El Cu se presenta en el suelo como sulfuros, silicatos, especialmente adsorbidos a la materia orgánica. Suelos formados de cenizas volcánicas dacíticas, como los que predominan en las estribaciones de la cordillera

ecuatoriana, son deficientes en Cu. Se presentan síntomas en animales que se alimentan de los pastos de esas regiones.

En las plantas es de poca movilidad y forma parte de muchas enzimas y de la plastocianina. La deficiencia generalmente se presenta en suelos arenosos y muy orgánicos. Las plantas necesitan del Cobre, al igual que de los otros elementos, para completar su ciclo de vida, especialmente en la formación de semillas viables y clorofila.

La deficiencia moderada de este nutrimento, en las plantas, causa una reducción en el crecimiento y rendimiento, pero si es severa produce clorosis y muerte descendente. El Cobre no es traslocado dentro de la planta por lo que los primeros síntomas se presentan en los brotes más jóvenes y en ocasiones las plantas no florecen y pierden sus hojas excesivamente. Cuando está en exceso hay una pobre o reducido crecimiento radical y puede presentarse una deficiencia de Fe.

Hierro (Fe)

Las formas más comunes en el suelo son con silicatos, fosfatos, sulfuros y sulfatos.

El hierro es un catalizador para la formación de la clorofila, por medio del citocroma, aún cuando no forma parte de ella. Actúa como transportador de oxígeno y es esencial en la síntesis de proteínas, ayudando a formar ciertos sistemas enzimáticos respiratorios. Tiene funciones en la respiración de las plantas, en la fotosíntesis y en la transferencia de energía. Además, el hierro desarrolla el color de la semilla.

Los síntomas de la deficiencia del hierro, tanto en el café como en los demás cultivos, se manifiestan en las hojas más jóvenes, como una coloración verde pálida o clorosis; mientras que las nervaduras permanecen verdes.



Figura 13. Deficiencia de hierro. Tiene alguna similitud con la deficiencia de nitrógeno. COFENAC.

Una deficiencia aguda de hierro puede tornar amarilla o blanca toda la planta. A veces es difícil identificar la deficiencia de hierro ya que los efectos pueden ser enmascarados por la deficiencia del manganeso. La clorosis intervenal causada por la deficiencia de hierro es a menudo más clara que la causada por la deficiencia de manganeso.

Cuando hay una deficiencia de Fe, es aconsejable hacer abonos orgánicos con base en el bagazo de la caña de azúcar, ya que este ha demostrado tener un alto contenido que podría estar a disposición de la planta en cantidades suficientes (Gómez 2000b), si los abonos son bien fabricados.

Manganeso (mn)

El manganeso activa ciertas enzimas respiratorias y es importante en el metabolismo de los azúcares. Es un elemento antagónico con el Fe. El manganeso funciona principalmente como parte de los sistemas enzimáticos de las plantas, activando las reacciones metabólicas importantes y desempeña un papel directo en la fotosíntesis al ayudar a la planta a sintetizar la clorofila. El Mn acelera la germinación y la maduración de las plantas e incrementa la disponibilidad de P y Ca.



Figura 14. Deficiencia de manganeso. COFENAC.

La deficiencia de manganeso se observa generalmente en suelos de pH alto (alcalinos) afectando los tejidos jóvenes de la planta, que se manifiesta como un amarillamiento de las hojas con cierto moteado, especialmente en las hojas de las puntas de las ramas. Algunas veces se confunden estos síntomas con la deficiencia de magnesio; sin embargo, la deficiencia de Mn generalmente aparece en las hojas nuevas superiores, mientras que la deficiencia de Mg ocurre en las hojas viejas o en todas las hojas.

Boro (B)

Las formas más comunes del boro en el suelo son como silicatos, boratos, adsorbidos en la materia orgánica. La movilidad en la planta es muy alta. Los cultivos requieren boro para su normal desarrollo y reproducción, siendo esencial para la germinación de los granos de polen, el crecimiento del tubo polínico y la formación de semillas; así como para la formación de paredes

celulares, la floración, la formación de nódulos, desarrollo del sabor y el desarrollo de los frutos, así como la síntesis del ADN.

Una buena parte de los suelos de la costa ecuatoriana, son deficientes en boro, por lo tanto un estudio de cada sitio es preferible antes de hacer la siembra del café o del cacao, con la finalidad de corregir la deficiencia. Suelos con exceso de boro son muy raros en el país y puede suceder en suelos salinos, cuando esto sucede hay una clorosis en las plantas muy acentuada.



Figura 15. Deficiencia de boro. COFENAC.

La deficiencia del boro generalmente detiene el crecimiento de la planta, pues dejan de crecer los tejidos apicales y las hojas más jóvenes. Esto indica que el boro no se ha traslocado fácilmente en la planta. Además, afecta la consistencia de los frutos (Salazar 2011). En varias plantas el B es el responsable del sabor de los frutos y puede interferir en algunos procesos de la fecundación.

En las plantas, las hojas nuevas presentan un amarillamiento que se inicia generalmente en las puntas y avanza hasta un poco más de la mitad de la hoja, formando un tejido corchoso sobre las nervaduras. Las hojas se deforman apareciendo torcidas, arrugadas o con bordes irregulares. Normalmente aparecen puntos de color marrón en las hojas tiernas, la yema terminal del tallo ortotrópico o de las ramas. Esto hace que la planta produzca nuevos brotes y las ramas muestren un aspecto de abanico.

LITERATURA CONSULTADA

- Alpizar, JM.; Ureña, AL.; Ramírez, O. 1997. Evaluación de la fertilidad de los suelos cultivados de café del cantón de Atenas, Costa Rica. Memorias XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica. p. 461-470.
- Alvim, P. de T.; Koslowski, T.T. 1977. Ecophyfiology of tropical crops, New York, Academic Press. 502 p.
- Anónimo. 2001. Café orgánico, opción de mejor calidad. El Universo, Guayaquil, Ecuador, febrero 11 del 2001.
- Bertsch, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Oficina de publicaciones de la Universidad de Costa Rica. San José, C.R. 79 p.
- Bertsch, F; Henríquez C.; Ramírez F.; Vargas E.; Ortiz O.; Rivera O.; Picado R. 1997. Factores nutricionales asociados a la expresión de la corchosis radical en el café. Simposio Latinoamericano de Caficultura. XVIII. Memorias. ICAFE, IICA. San José, Costa Rica. p. 191-203.
- Canigua R., J. 2002. Carbono orgánico. ILLPA. Revista de la Estación Experimental ILLPA, Puno, Perú. (1):7.
- Carrizosa, A. F. 1997?. Agricultura Orgánica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Proyecto piloto de zona de reserva campesina. IICA, Bogotá, Colombia.
- Cifuentes B., L.E. 1997. Un enfoque de sistemas para la caficultura sostenible. *In* XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. ICAFE, IICA. Costa Rica. p. 99-119.
- De la Cruz Ch., M. E. 2000. Comparación de métodos de composteras con la utilización de inoculantes micro orgánicos en Aloag, Pichincha, Ecuador. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador. 122 p.
- Duicela G. LA. et al. 2003. Tecnología para la producción de café orgánico. Manta, Ecuador. COFENAC. PROMSA. p 231-263.
- Enríquez, G. A.; Chiriboga, C. 1979. Variabilidad del contenido de proteína en el grano de frijol común cultivado en diferentes condiciones de ambiente. *In* Reunión de la Asociación Latino Americana de Ciencias Agrícolas (10. Acapulco. Méjico Abril 22-28, 1979). Memorias, Acapulco, México. 18 p.
- Enríquez, G.A.; Salazar, L. G. 1980. Respuesta de cuatro intensidades de sombra de plátano, en cuatro cultivos de ciclo corto. *In* Reunión Anual

- del PCCMCA. (26. Guatemala, Guatemala. Marzo 24-28 1980). Guatemala, Guatemala. 11 p.
- Enríquez, G. A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE. Serie materiales de enseñanza no. 22. Turrialba, Costa Rica. 240 p.
- Enríquez, G. A. 2001. Tecnologías limpias para una agricultura sostenible en el Ecuador. Elementos para promover la investigación en producción y certificación de productos orgánicos. IICA. Ecuador.
- Enríquez, G. A. 2004. Cacao Orgánico. Guía para productores ecuatorianos. INIAP, Manual no. 54. Quito, Ecuador. 360 p.
- Enríquez, G. A. 2010. Cacao Orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Segunda Edición. INIAP, Manual no. 54. Quito, Ecuador. 407 p.
- Enríquez, G. A.; Duicela, L. A. 2014a. Guía técnica para la producción y poscosecha del café arábigo. Cofenac, SICA. Manta, Ecuador. 287 p.
- Enríquez, G. A.; Duicela, L. A. Eds. 2014b. Guía técnica para la producción y poscosecha del café robusta COFENAC, SICA. Manta, Ecuador. 259 p.
- Figuroa, Z., R.; Fischersworing, H.; Rosskamp R., R. 1998. Café Orgánico. Guía para la caficultura ecológica. Lima, Perú. 176 p.
- Fischersworing, H.; Rosskamp R., R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. GTAZ., GMBH. Editorial López, Popayán, Colombia 153 p.
- Flores G., M. 2007. La protección jurídica para el cacao fino y de aroma del Ecuador. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. ABYA YALA. Corporación Editora Nacional. Quito, Ecuador. 149 p.
- García, J.E. 1999. Agricultura orgánica en Costa Rica. San José Costa Rica. EUNED. 104 p.
- Gómez Z., J. 2000a. La materia orgánica en los agro ecosistemas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Cali, Colombia. 70 p.
- Gómez Z., J. 2000b. Abonos Orgánicos. Cali, Colombia Impresora Feriva S.A. 105 p.
- Hai, N.N. 1998. Organic agriculture in developing countries needs modern biotechnology. Monitor no. 34, March 1998. p. 24.
- Hardy, F. 1961. Manual de cacao. IICA, Turrialba, Costa Rica. 290 p.
- INIA. 2001. Plan estratégico de actuación para el trienio 2001-2003. Ecogestión de purines y estiércoles. p. 15 y 16.

- Kolmans, E.; Vásquez, D. 1996. Manual de agricultura ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. Maela-Simas. Managua, Nicaragua. 222 p.
- Leonard, A. 2010. La historia de las COSAS. De cómo la obsesión por las cosas está destruyendo el planeta, nuestras comunidades y nuestra salud. Y una visión del cambio. Fondo de la cultura económica. Argentina. 392 p.
- Lombricultura, S.C.I.C. s.f. Hombre naturaleza ambiente. Equilibrio Ecológico. Centro de Investigaciones y Desarrollo, Pifo- Yaruquí, Ecuador. Plegable 6 caras.
- López, A. 1998a. El mejoramiento de la agricultura mediante la biodegradación controlada de los residuos orgánicos. ACT en Costa Rica. IICA, San José, Costa Rica. 45 p.
- López, A. 1998b. Centro de biocompostaje para aprovechar adecuadamente los residuos orgánicos. ACT en Costa Rica. IICA, San José, Costa Rica. 66 p.
- Mainardi, F. 2000. El cultivo biológico de hortalizas y frutales. Editorial De Vecchi S.A. Barcelona, España. 222 p.
- Mojica B., F. J. 1995. La agricultura orgánica en Costa Rica. Agricultura Orgánica. Simposio Centroamericano. (Memorias). San José, Costa Rica. p. 45-61.
- Motato, N. 1999. Uso del material orgánico en el cultivo del café. INIAP/GTZ/COFENAC. Portoviejo, Manabí. p.11.
- Motato, N.; Corral C., R. 2002. Compostaje de subproductos de la finca cafetalera para la producción de humus. Proyecto Integral Cafetalero Nacional. Boletín Divulgativo no 291. E.E. Portoviejo. 12 p.
- Neira R., P. 2001. La roca fosfórica, un fertilizante natural y ecológico de aplicación directa en suelos agrícolas ecuatorianos. Estudios Ecológicos. El Agro. Guayaquil. Enero del 2001.
- Novillo R., H. s.f. Materia orgánica. Método Indore. Guía técnica para la transferencia de tecnología. Universidad Nacional de Loja, CATER. 19 p.
- NUTRIMINS SUPER. 2001. Fertilizante líquido de elementos menores como quelatos naturales para aspersión al follaje. Asesoramiento Técnico. Tolvagro Cia. Ltda. Plegable. Guayaquil, Ecuador. 4 p.
- OCEANUS. 2002. Nuevas informaciones sobre el efecto de Zeolitas como mejoradores de los suelos agrícolas. 16 p.

- Odum, E. P. 1984. Ecología. 3ª Ed. Traducido por. C. G. Ottenwaelder. Editorial Interamericana, México, D.F., México. 639 p.
- OIKOS. 2002. Compostando con Oikos-Bac Compost-174. Quito, Ecuador. 8 p.
- OTA / USDA. 2001. National Organic Standard Approved. American Food and AG Exporter. December 2000/January 2001, 12(6):13.
- Restrepo R., J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores de Mesoamérica y Brasil. IICA, San José, Costa Rica. 157 p.
- Rodríguez, J.; Flores, J. Eds. 2005. Agricultura orgánica en Ecuador. GTZ. Quito, Ecuador. 98 p.
- Salazar, FE. 2011. El Boro. Recomendaciones y Dosis. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, El Valle, Colombia. www.agrosagri.com. 4 p.
- Suquilanda V., M. B. 1996. Agricultura Orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. FUNDAGRO / UPS. Ed. ABYA-YALA. Quito, Ecuador. 654 p.
- Suquilanda V., M. B. 2001. El biol, fitoestimulante orgánico. Cultivos controlados. Revista Agropecuaria Internacional (Ecuador). Ed. Flor y Flor 3(10):26-28.
- Suquilanda V., M. B. 2003. Abonos verdes: alternativa ecológica. Cultivos Controlados. Revista Agropecuaria Internacional. (Ecuador). Ed. Flor y Flor 37(5):3031.
- Vega, M^a. M.; Carbonell, G.; Pablos M^a. V.; Ramos, C.; Fernandez, C.; Ortiz, J.A.; Tarazona, J.V. 2001. Evaluación ambiental de residuos porcinos y gestión agrícola de purines mediante el modelo informático EGPE®. Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animal, Vol.16 (1).
- Wood, P.J.; Burley, J. 1995. Un árbol para todo propósito. Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para agroforestería. San José, Costa Rica, ICRAF/IICA. 180 p.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Este capítulo está dedicado a las personas que quieran mejorar el manejo del idioma y nombrar las cosas con propiedad, puesto que la ciencia ha avanzado rápidamente y hay una buena cantidad de términos que no se usan correctamente, y otros que por provenir de distintos idiomas, pueden confundir a los productores (Abercombie et al. 1961; Enríquez 2010; Thomson 1981; Núñez 1982; Real Academia Española 2002; Rogg 2000; White 1985).

ACREDITACIÓN: Se denomina al acto de reconocer que se han cumplido todas las exigencias del sistema de Certificación Orgánica.

AGROQUIMICO: Sustancia química que se usa en agricultura convencional y orgánica. El término puede aplicarse a muchas cosas, tales como pesticidas, fertilizantes, abonos, fitohormonas, etc., convencionales y orgánicos.

AMBIENTE: Conjunto de factores (clima, suelo, cultivo, otros) que rodean a un organismo (vegetal, animal, mineral, etc). Sinónimo de medio.

ARCILLA: Tierra finamente dividida, componente de todos los suelos agrícolas, debe estar en una proporción adecuada.

ASPERSIÓN: Acción de esparcir un líquido en gotas menudas. Generalmente se usa al aplicar sustancias orgánicas suspendidas en agua.

ATOMIZAR: Acción de esparcir en pequeñas gotas de líquido. Se aplica generalmente al poner una sustancia orgánica, transportada en agua.

BIOCOMPOST (BIOABONO): Descomponer la materia orgánica, para hacer abono orgánico de alta calidad, por medio de microorganismos, con una fermentación aeróbica.

BIODIVERSIDAD: Características diferenciales entre especies y dentro de especies de los reinos animal y vegetal.

BIOLÓGICA, AGRICULTURA: Se dice de la agricultura limpia, es sinónimo de orgánica.

BIOQUÍMICO: Relacionado con la ciencia que estudia los fenómenos químicos en el ser vivo.

CALIDAD: Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie.

CERTIFICACIÓN FITOSANITARIA: Uso de procedimientos fitosanitarios conducentes a una expedición de un certificado fitosanitario.

CERTIFICACIÓN ORGÁNICA: Uso de condiciones y procedimientos orgánicos que conducen a la expedición de un certificado orgánico para la comercialización.

CERTIFICADO: Documento oficial que atestigua la condición fitosanitaria o calidad orgánica de un producto.

CÓDIGO: Conjunto de normas sistematizadas que regulan unitariamente una materia determinada.

COMBATE: Curar o prevenir las pérdidas de las cosechas producidas por plagas como las enfermedades, insectos, nemátodos, de las plantas y otros organismos vivos.

COMPETITIVIDAD. Conjunto de acciones que conllevan a un productor a ser mejor que otro, para producir un producto suntuario comercializable,

COMPOST: Materia orgánica en descomposición de origen animal o vegetal, en la cual pueden ser mezclados suelo y otras enmiendas tales como cal, Nitrógeno y Fósforo orgánicos.

COMPOSTADO: Materia orgánica descompuesta hecha abono.

CONSEJERO: Persona que aconseja o sirve para aconsejar las condiciones de la certificación.

CONTAMINACIÓN: Acción de ensuciar, dañar, destruir el ambiente en que viven los organismos, alterando el medio.

CONTAMINANTE: Algo que contamina o provoca contaminación (polutante).

CONTROL DE PLAGAS: Intervención en un asunto de inspección, fiscalización y examen de una enfermedad o de algo. **NOTA:** Anglicismo mal usado por algunos autores en lugar de combate.

COSMÉTICO: Sustancia química usada para mejorar la apariencia de un vegetal. Puede ser contaminante.

CUIDADOS CULTURALES: Conjunto de prácticas agrícolas aplicadas a un cultivo para mejorar su rendimiento.

CÚPRICO: Se aplica a las sustancias orgánicas que están compuestas básicamente de cobre.

DESCENDENCIA: Conjunto de hijos, nietos y demás generaciones sucesivas por línea directa. Algunos autores usan indebidamente la palabra "progenie", del inglés "progeny".

DESINFECCIÓN: Acción de limpieza con una sustancia convencional u orgánica quemante para eliminar patógenos en otros organismos o instrumentos, evitando su desarrollo.

ECOLÓGICO: Pertenece a la ecología, es decir las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno.

ECOSISTEMAS: Conjunto de seres vivos existentes en un lugar determinado y el ambiente que les es propio.

ENCALADURA-ENCALADO: Acción y efecto de poner cal a/ suelo.

ENTORNO: Factores que rodean un ambiente determinado y que influyen sobre él.

EROSIÓN: Se aplica a la depresión o pérdida de suelo producida por rozamiento del agua o un viento fuerte sobre éste.

ESTÁNDARES: Condiciones establecidas para llegar a una calidad deseada.

EVAPOTRANSPIRACIÓN: Acción de evaporar agua de un sistema agrícola.

FRANCO (TEXTURA): Suelo que tiene bien equilibrada la cantidad de los elementos que lo constituyen. Se aplica como arcilloso cuando tiene más cantidad de arcilla, o arenoso cuando tiene más de arena etc.

FREÁTICO (A); Aguas acumuladas en el subsuelo sobre una capa impermeable y que pueden aprovecharse por medio de pozos. Capa del subsuelo que contiene estas aguas.

GLOBALIZACIÓN. Conjunto de medidas económicas para asegurar mercados competitivos para algunos países.

HETERÓTROFO: Organismo que es incapaz de elaborar su propia materia orgánica a partir de materiales inorgánicos.

HIPOTÉTICO: Fundado en la hipótesis, incierto.

HOJARASCA: Conjunto de hojas que han caído de los árboles.

HÚMICA (MATERIA): Se dice de los materiales vegetales que están en la superficie del suelo y que se encuentran en proceso de descomposición.

IMPACTO: Se dice del beneficio a daño que un proceso agrícola puede causar en un ambiente determinado.

INFILTRACIÓN: Acción de introducir un líquido entre los poros del suelo.

INSECTICIDA: Sustancia orgánica o convencional que sirve para matar insectos.

INSPECCIÓN: Examen visual de plantas o lugares reglamentados para determinar si hay cumplimiento con las reglamentaciones.

INSPECTOR: Persona autorizada por una organización nacional o extranjera para cumplir sus funciones de inspección.

INSUMOS: Se refiere a los materiales que se usan dentro de un cultivo, como fertilizantes, insecticidas, etc., convencionales u orgánicos, (Anglicismo).

INTERACCIÓN: Acción de dos o más factores en forma diferente sobre un fenómeno.

LIXIVIACIÓN: Agua que se escurre por los poros del suelo, una vez que éste se ha saturado.

LUMBRICULTURA (mal llamada lombricultura), es la práctica de producir abonos orgánicos por medio de la digestión del tracto digestivo de las lombrices.

MANTILLO: Capa superior del suelo, formada en gran parte por la descomposición de la materia orgánica.

MATERIA ORGÁNICA: Parte vegetal o animal que ha entrado en descomposición y se está incorporando al suelo.

MEDIO: Lugar (ambiente) donde se desarrolla un organismo y condiciones que le rodean.

MONOCULTIVO: Cultivo único o predominante en una región dado por una especie y generalmente por un solo cultivar. Se opone a cultivos múltiples o sistemas agrícolas tradicionales.

NEMÁTODOS: Pequeños gusanitos microscópicos, que producen lesiones en las plantas o animales.

NORMA: Documento establecido por consenso y aprobado por un cuerpo reconocido, que dispone el uso común y constante de reglas, directrices o características para diversas actividades o sus resultados y que tiende al logro de un ordenamiento en un contexto dado.

NITRATO (DE AMONIO): Tipo de abono rico en Nitrógeno.

NUTRIMENTOS: Alimentos para plantas y animales. Algunos autores usan la palabra "nutrientes" equivocadamente, seguramente es un anglicismo, puesto que en el diccionario castellano no existe esta palabra.

ORGÁNICA; Agricultura que se caracteriza por ser limpia y que puede llegar a ser certificada.

PERCOLACIÓN: Agua que se escurre por dentro del suelo, generalmente arrastra una buena cantidad de nutrimentos del suelo.

PESTE: Cualquier cosa mala que altera la normalidad de una planta. Engloba el término plaga, es decir, plantas, insectos, enfermedades o cualquier otro organismo viviente.

pH: Potencial hidrógeno, una forma de expresar la acidez o alcalinidad.

PLAGA: Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino a las plantas o productos vegetales. El término se utiliza para definir ataques de insectos, ácaros, malas hierbas y enfermedades producidas por hongos, bacterias, virus, etc., que hacen peligrar las cosechas. Algunos autores consideran incorrectamente como plagas solo los problemas causados por insectos (FAO, 1996).

PLAGUICIDA: Sustancia orgánica usada para el combate de plagas.

PURINES Abono orgánico proveniente del tratamiento de desechos de ganado o plantas con un proceso biotecnológico simple, dilución y separación de materiales.

RADICAL: Propio de la raíz, concerniente al área de la misma en el suelo: sistema radical.

RADÍCULA: Rudimento de la raíz del embrión, de plantas superiores con semilla.

RADICULAR: Concerniente a la radícula de la semilla, en el primer período de germinación. Generalmente se confunde con radical, o con las radículas.

REGULADORES: Sustancia química que cambia el ritmo de crecimiento. Puede ser contaminante para algunos alimentos.

RESILENCIA: Velocidad de recuperación de un ambiente afectado por alguna causa extraña.

RIZOSFERA. Parte del suelo donde están las raíces de las plantas.

SÍNTESIS (ARTIFICIAL): Procesos químicos especiales para crear sustancias inorgánicas, que sirven como agroquímicos, algunas de ellas generalmente no se desdoblán en la naturaleza fácilmente, produciendo contaminación en el suelo, agua y aire y animales o seres vivos.

SINTÉTICO: Material creado artificialmente, con moléculas generalmente difíciles de desdoblarse en la naturaleza. Por lo general son contaminantes del ambiente.

SISTEMA: Conjunto de cultivos, que relacionados entre si ordenadamente contribuyen a determinado objeto.

SOSTENIBILIDAD: Conjunto de prácticas agrícolas que llevan a producir en una forma eficiente, por un período de tiempo muy largo, los productos agrícolas.

SUPERFOSFATO: Tipo de abono rico en Fósforo.

TÓXICO: Sustancia venenosa.

TRAZAS: Vestigio de algún elemento mineral en la planta o en el organismo.

ULTRAVIOLETA: Radiación electromagnética, que provoca reacciones químicas de gran repercusión biológica.

UMBRÓFILO: Se aplica a plantas que viven normalmente bajo sombra. Amigo de la sombra.

VENENOSO: Sustancia que puede matar o transformar el crecimiento de las plantas o animales.