EOLO
REVISTA AMBIENTAL

Compostaje

Una alternativa en el establecimiento de modelos agro ecológicos

Gustavo León Villa Moreno*

Presentación

Muchos de los productores agrícolas ı restan poca o ninguna atención a los desechos generados en sus labores (podas, desbotones, desmalezado, etc.) y en la selección de los productos para el mercado. No tienen en la cuenta que un mal manejo puede multiplicar plagas y enfermedades fácilmente en el cultivo y que un tratamiento sencillo como el compostaje, es un excelente acondicionador de suelos. El compost es una fuente inagotable de materia orgánica para los suelos confiriéndole beneficios físicos, químicos y biológicos, En el presente articulo se describe de manera sencilla, el proceso de compostaje; desde los requisitos mínimos para iniciarlo adecuadamente, las etapas que determinan su desarrollo, las características del producto terminado, así como los beneficios, forma y dosis de su aplicación en el campo.

Introducción

El mercado agrícola adquiere cada día nuevas dimensiones; por un lado los volúmenes en la demanda se incrementan conforme crece la población (Reid, 1998); de otra parte, cada día es más exigente en la presentación de productos de gran tamaño y libres de rastros de plagas y enfermedades. Estos factores ocasionan la generación, en casos específicos, de grandes volúmenes de desechos (sustratos sólidos orgánicos) en el lugar de las cosechas, que con su indebida disposición crean problemas: una forma rentable, sostenible y eficiente de procesamiento de los sustratos sólidos orgánicos (SOS) es el compostaje.

Los SOS que provienen del suelo, deben regresar allí luego de un tratamiento que permita la recuperación máxima de su valor, y su estabilización (compostación) para retornarlos a los terrenos de cultivo, estableciendo un proceso continuo de reciclaje (IFOAM, 1999). Los productos de la compostación tienen múltiples utilidades; principalmente la rápida y fácil recuperación de suelos intensamente cultivados o erosionados. Convertir los subproductos sólidos orgánicos en compost, es la alternativa más eficiente de retorno al suelo de la materia orgánica generada como subproducto en la producción de alimentos; además, representa la posibilidad más viable para extender los cultivos en áreas carentes de vegetación.

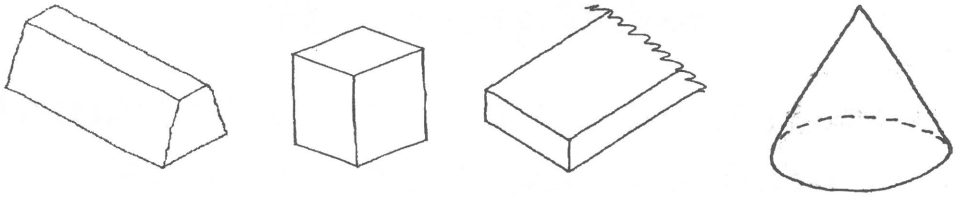


Figura 1. Modelos geométricos de compostaje

Compostar la materia orgánica requiere de una serie de operaciones en las que se emplean mano de obra y biotecnología; de esta forma se presentan nuevas alternativas de empleo, tanto en la parte operativa, como en la innovación y transferencia de tecnología. Al apropiarse del proceso, se logrará posicionar el compostaje, en el común de los productores agrícolas, como una práctica sencilla y útil para la agricultura sostenible que se promueve en estos tiempos.

Materia orgánica

Es una mezcla compleja de materiales, vivos, muertos y en descomposición. La gran mayoría de la materia orgánica proviene de tejidos de plantas en descomposición; otro tanto proviene de excretas, restos animales, descomposición de microfauna y microflora y, finalmente, una porción de sustancias húmicas, un material oscuro y amorfo compuesto de materia orgánica sumamente degradada (Smith, 1993).

Compostación

La compostación es el proceso bio-oxidativo (degradación y síntesis) de una mezcla de sustratos orgánicos sólidos (SOS) a través de organismos descomponedores, hasta la obtención de un producto heterogéneo denominado compost, con apariencia completamente diferente del material de origen y que se caracteriza por su estabilidad química y sanitización[1].

Pila

Es el volumen de SOS crudos, en proceso de compostaje o compost, que toma comúnmente alguna de las siguientes formas, de acuerdo con el sistema de aireación: (GIEM, 2000).

Parámetros que regulan la compostación

Para compostar los SOS en mediana o gran escala, se debe llevar a cabo una serie de operaciones que permitan obtener el compost en el menor tiempo posible. Para lograrlo se deben establecer unas condiciones iniciales y desarrollar un seguimiento del proceso.

Parámetros iniciales

Para iniciar el proceso de compostación, es necesario ajustar al tamaño de partícula, la humedad, la relación %C / %N y la homogenización de la mezcla de los SOS; los valores se ajustan hasta valores estándar definidos en la teoría y trabajos previos, que son suficientes para que el proceso se inicie (GIEM, 2000).

Relación carbono nitrógeno

El carbono constituye más del 50% de la masa de las células de los microorganismos y de los insectos involucrados en la compostación; además actúa como fuente de energía para los mismos. El nitrógeno es un componente esencial de las proteínas, los ácidos nucleicos, los aminoácidos y las enzimas, necesarias para el funcionamiento y el crecimiento de las células. La relación entre ambos componentes y su disponibilidad dentro de la pila es la base para el desarrollo de la compostación.

Generalmente los SOS animales son ricos en Nitrógeno, mientras los SOS vegetales (desechos de cosecha) lo son en Carbono; si se inicia el proceso sólo con uno de ellos, la compostación puede tardar más de lo común en alcanzar la maduración. Por ello es preciso que ajustemos la relación %C/%N, hasta valores próximos a 20, por medio de mezclas entre SOS animales y SOS vegetales (Bishop, 1983).

Tamaño de partícula

Los microorganismos aerobios actúan sobre la superficie de los materiales que compostan. Al disminuir el tamaño de partícula, se incrementa el área superficial por unidad de volumen. El aumento del área superficial supone la disposición de más sustrato para los organismos responsables de la compostación.

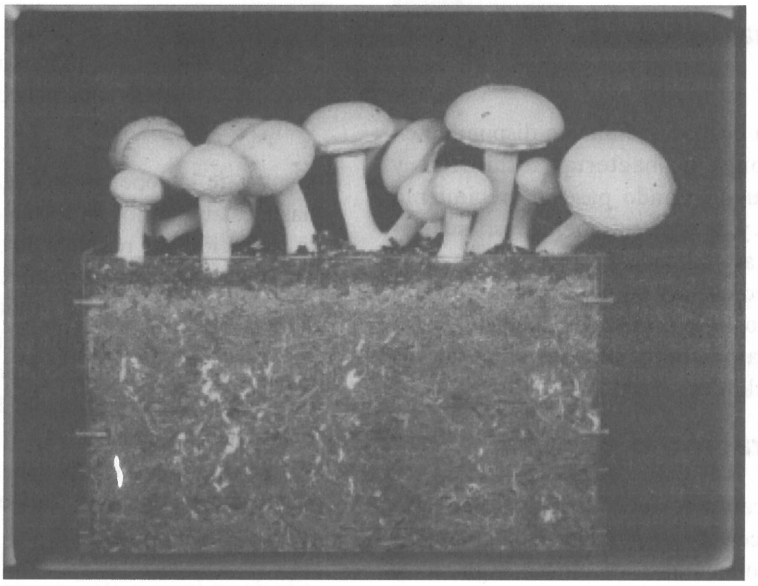
Los SOS se deben pasar por picapasto, ripiadora, molino de martillos o simplemente picados finamente a machete, pues los materiales de gran tamaño ralentizan el proceso de compostación.

Humedad

El agua es un compuesto indispensable para que los organismos degraden los SOS; sin ella la actividad de los microorganismos se reduce y hasta llega a detenerse. Es recomendable iniciar con humedades en el rango de 55% a 60%, ya que la liberación de calor en los primeros días del proceso supone la pérdida de grandes cantidades de agua en forma de vapor; el exceso de agua crea zonas anaerobias que favorecen el desarrollo de organismos retardantes del proceso y generadores de olores fétidos.

Un método empírico para determinar si la humedad se encuentra en el rango mencionado consiste en empuñar fuertemente una porción del material a compostar que tenga apariencia húmeda: éste no debe desprender líquido alguno.

Mezcla y formación de la pila



Para el montaje de las pilas se requiere inicialmente de la elección de un sitio apropiado para el procesamiento de los SOS que debe contar con fácil acceso, superficie firme, barreras naturales y techo (una simple tela de plástico o latas de zinc son las mejores opciones para pequeños y medianos productores).

La mezcla de los materiales se debe realizar en el mismo lugar donde se construye la pila; allí se extienden los SOS vegetales y animales, procediendo a dar varios volteos hasta lograr homogenizarlos, el material particulado debe ser mezclado muy bien, de tal forma que la relación %C/%N se empareje en toda la pila.

Luego de tener los subproductos bien mezclados, se construye la pila cuyo diseño depende del sistema de aireación (ver aireación). La forma de la pila tiene que ver además con la forma de dispersión de calor que se libera en los primeros días del proceso.

Control del proceso

Para lograr que el proceso de compostación se desarrolle eficientemente, se deben controlar la temperatura, la humedad y la aireación. Las temperaturas y las humedades extremas pueden retardar e incluso detener el proceso, así como la falta de aire puede facilitar un proceso anaeróbico, que liberaría malos olores e incrementaría el tiempo de compostación.

Temperatura

La degradación de los SOS por los microorganismos produce entre otros: dióxido de carbono, agua, calor y materia orgánica madura. El calor generado en las primeras semanas de la degradación, así como la competencia microbial, son los factores más importantes en la destrucción de patógenos, es decir en la sanitización de la materia orgánica (Miller, 1993).

La temperatura debe permanecer en todo momento bajo 65 °C; temperaturas más altas reducen las poblaciones de microorganismos al causar su muerte, la disipación del calor se logra aireando la pila, si la temperatura permanece sobre 65 °C luego de la aireación, es preciso airear de nuevo hasta lograr estabilizar la temperatura.

Empíricamente, podemos examinar el calentamiento de la pila con una varilla de hierro, que se introduce en ella y se sujeta luego con las manos para comprobar el calentamiento. Este proceso simple se utiliza cuando no se cuenta con un termómetro bimetal, instrumento adecuado para realizar esta medición. La temperatura de las pilas define las cuatro etapas del proceso de compostaje: en cada etapa se presentan diferencias en las características fisicoquímicas, así como entre el tipo y la cantidad de organismos que actúan.

Fase mesófila

La temperatura se incrementa desde la ambiental hasta los 60° C a 70 °C, dependiendo del tipo de los SOS (relación Carbono/Nitrogeno, Humedad y tamaño de partícula); esta etapa puede alcanzar una duración máxima de una semana, a partir de la cual se inicia el proceso degradativo de los SOS. Las moléculas con más energía disponible para los microorganismos, como almidones y azúcares, son degradadas con la consecuente liberación de calor; las bacterias mesófilas son los principales microorganismos responsables de la degradación en esta etapa.

Fase termófila

La temperatura permanece entre dos y tres semanas sobre los 60 °C. Para evitar sobrecalentamiento (temperatura mayor de 70°C) de las pilas, se deben realizar dos o tres aireaciones completas en la semana para evitar que el calor disminuya el tamaño de las colonias de microorganismos. Los principales responsables de la degradación en esta etapa son las bacterias termófilas y los actinomicetos.

Fase de aclimatación o enfriamiento

Una vez consumida la energía fácilmente disponible en la pila, las poblaciones de bacterias termófilas y actinomicetos disminuyen, dando paso al crecimiento poblacional de hongos y de bacterias mesófilas; esta etapa tiene una duración aproximada de una semana, en la cual la temperatura decrece a valores cercanos a la ambiental. El enfriamiento, es la primera evidencia del agotamiento del sustrato como alimento para los descomponedores (Mckinley, 1985).

Fase de maduración o curado

Una vez que la pila alcanza de nuevo la temperatura ambiente, se inicia un proceso degradativo de moléculas más difíciles de descomponer como celulosas, ligninas y quitinas, que provienen de restos de vegetales como cáscara de madera y restos animales como conchas de insectos; esta degradación la llevan acabo principalmente los hongos. En esta etapa, se pueden mantener valores de humedad entre 30% y 40%; rango en el que los hongos realizan bien la degradación; aquí ya se cuenta con un material útil para el campo, pero se puede continuar el proceso por unas semanas más (si se cuenta con la mano de obra y el espacio suficiente), para obtener un compost mejor madurado.

Humedad

Es fundamental mantener un control estricto sobre la humedad, que debe permanecer en el rango 40 % - 60 %. La disipación de calor en la pila trae como consecuencia la pérdida de agua en forma de vapor; por esto las pilas se deben humectar durante el primer mes; de no hacerlo, la humedad puede bajar del 40%, lo que sería una limitante para el eficiente desarrollo de las poblaciones de microorganismos.

Aireación

Él oxigeno es un ingrediente esencial en la degradación aeróbica de los SOS; el aire lo contiene en 21% v/v y los microorganismos aerobios soportan hasta un 5% v/v. El número de aireaciones debe ser gradualmente disminuído, ya que en los primeros días la demanda de oxigeno en la pila es alta y al final del proceso los requerimientos de oxígeno son menores.

Dentro de las operaciones que se realizan con los SOS hasta estabilizarlos en forma de compost, la aireación es la operación que requiere de un mayor consumo de energía (mano de obra, maquinaria, etc.). Existen dos formas de aireación de las pilas: estático y dinámico. Los procesos dinámicos se fundamentan en el movimiento continuo de los SOS que se compostan, lo que hace cada vez más homogénea la mezcla. Los estáticos por su parte, mantienen los materiales en su lugar y suministran aire por inyección o succión; este método es menos recomendado para productores frutícolas (GIEM, 2000).

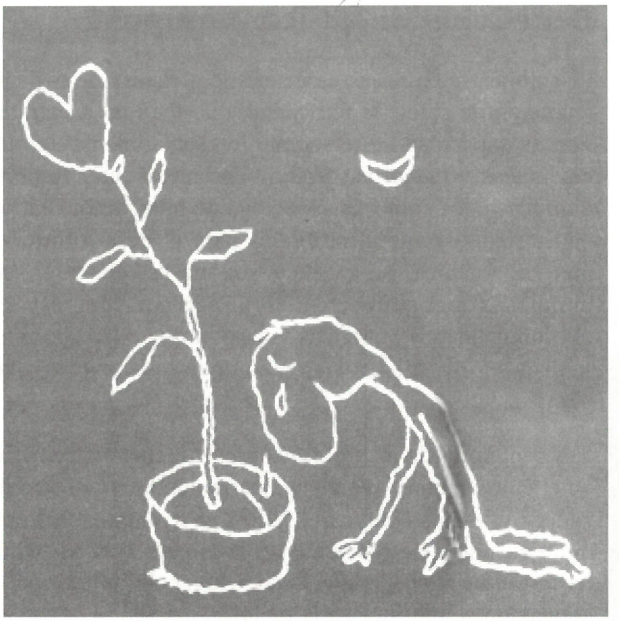
El paleo es la manera más simple de movimiento de la pila de un lugar a otro; puede realizarse con palas, carretas, cargador o sistema de rotor. La aireación dinámica hace más disponible el oxigeno para los microorganismos, ya que los SOS se mueven completamente de uno a otro lado.

Biodinámica del compost

Todo proceso de compostaje genera una sucesión de eventos biológicos que permiten la estabilización fisicoquímica y la sanitización de los SOS. Las condiciones extremas de calor, la gran competencia entre microorganismos y artrópodos descomponedores y acidificación en la fase termófila, son la principal causa de la destrucción de patógenos. Si consideramos que un patógeno ha evolucionado por millones de años para vivir a expensas de otros organismos, es fácil comprender que el proceso de sanitización de la materia orgánica, la alta competitividad

de los microorganismos descomponedores y las condiciones drásticas, no permiten la sobrévivencia de los patógenos.

Las relaciones que se establecen entre los diferentes organismos vivos de la pila pueden ser antagónicas o sinérgicas, de tal forma que, dependiendo de la composición química de la pila y las condiciones climáticas de la misma, se pueden favorecer o restringir algunos grupos de microorganismos, principales responsables de la degradación.



El crecimiento de las colonias en las pilas es espacial; las colonias más eficaces ocupan volúmenes significativos al crecer en tres direcciones. Una vez se airea el material por volteo, la cepa se convierte en un inoculante que se mezcla con toda la biomasa del proceso.

Criterios de madurez de un compost

La madurez de un compost depende en último término del uso que se le dará al producto, y se define por la aparición de determinadas características físicas, químicas y microbiológicas en la materia orgánica.

Algunos de los factores que se consideran más adecuados para identificar un compost maduro son:

Propiedades organolépticas: es el primer y más simple parámetro a considerar. Un buen compost debe presentar color oscuro, así como olor y aspecto agradable, semejante al de la tierra.

pH: el pH final de un compost es variable dependiendo de las materias primas utilizadas para la elaboración del producto; en general se impone la tendencia a la neutralidad.

Capacidad de intercambio catiónico: es una de las propiedades a tener en cuenta, ya que es una medida indirecta del grado de oxidación; en general, durante el proceso de compostaje, la capacidad de intercambio catiónico se incrementa.

Capacidad de retención de agua: un buen compost debe retener por lo menos su propio peso en agua (Ica-Icontec, 2001).

Pruebas de fitotoxicidad: es un parámetro fundamental en la evaluación de compost maduro; el resultado se expresa como el porcentaje de germinación para semillas de referencia, debe ser superior al 70%.

Pruebas microbiológicas: un compost maduro no debe presentar microorganismos patógenos para las plantas, los animales y el hombre (Bess, 1999); la característica fundamental es la ausencia de Salmonella sp. y Escherichia coli (Ica-Icontec, 2001).

Aplicación

Finalizado el proceso, el compost se encuentra en una etapa de maduración, en la cual, mientras más tiempo transcurra, más madura; por lo tanto, no tiene problema para su aplicación inmediata, su almacenamiento o para continuar las aireaciones.

Existen dos formas básicas de aplicación: una es el compost como acondicionador de suelos, que se puede aplicar entre dos y cinco veces por año, en dosis que van de tres a siete partes de la dosis de fertilizante químico aplicado comúnmente.

Otra forma, mucho más eficiente, consiste en la preparación de mezclas físicas del compost con fertilizantes químicos: este método cumple una doble función: al tiempo que se acondicionan los suelos, se le suministran al cultivo los nutrientes necesarios para su normal desarrollo. Los fertilizantes químicos mezclados con el compost, son los de uso común en la finca, 15-15-15, 17-6-18-2, 18-18-18, 10-30-10, entre otros y aunque son compuestos químicos de síntesis, bajo este modelo *no son tóxicos al suelo*. Esta forma de aplicación puede ser la ruta inicial en cuanto a fertilización, para lograr la transición de agricultura convencional a un modelo sostenible.

La mezcla física se realiza mezclando el fertilizante químico con dos, tres y hasta cinco veces esa cantidad en compost y realizando continuos paleos hasta obtener una mezcla homogénea; la dosis de aplicación puede ser la misma del fertilizante químico o esa dosis más la mitad, realizando la aplicación en campo como se hace habitualmente en la finca.

Beneficios de aplicar compost

El compost mejora las características físicas de los suelos: el color, sustancial en la retención de calor; la porosidad, que facilita la entrada de agua y de nutrientes a la raíz; la capacidad de retención de agua aumenta, impidiendo suelos anegados en zonas planas y menor escorrentía en laderas, etc. También se mejoran las propiedades químicas tales como: la capacidad de intercambio catiónico, aumentando la retención de nutrientes minerales, vitales para el desarrollo de las plantas; el aumento de la materia orgánica, sustrato que soporta la vida en el suelo, etc. Las transformaciones biológicas que sufre el suelo al agregar compost se observan en el aumento de microorganismos benéficos y todo lo que ellos aportan como degradadores de contaminantes y desdobladores de compuestos complejos, a otros más digeribles para las plantas.

Los beneficios de incorporar compost incluyen además del mejoramiento de los suelos en el cultivo, el ahorro de una parte del dinero que se invierte en la compra de fertilizantes químicos (Maynard, 1999), si se cambia una aplicación normal de fertilizante químico por una aplicación de la mezcla con el compost, se pueden lograr ahorros hasta del 30%, dependiendo del lugar de aplicación. Un caso típico para una sola aplicación se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Paso típico de aplicación y el ahorro obtenido con el compost.

cultivo	aplicación convencional	aplicación mezcla	ahorro %
tomate	100 g 15-15-15	75 g 10-30-10 200 g compost	11
café	100 g 15-15-15	75 g 15-15-15 200 g compost	9

NOTA: Costos promedio para los municipios antioqueños. ◆

Referencias biliográficas

BESS, V., 1999. Evaluating Microbiology of Compost; Biocycle, May.; Pág. 62-64.·

BISHOP P. L., GODFRE, 1983. Nitrogen transformations during slunge composting; Biocycle, Jul.-Aug. Pág. 34-39.

GIEM, Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares, 2000. Producción de compost en la industria avícola; Cuadernos avícolas N° 11.; Fenavi.

ICA-ICONTEC, 2001. Norma técnica Colombiana para compost.

IFOAM, 1999. International of Organic Agriculture Movements; Normas básicas para la producción y el procesamiento ecológico; Anexo 1. 55 P.

·MAYNARD A., 1999. Reducing fertilizer cost with leaf compost; Biocycle, Apr. Pág. 54-55.

MCKINLEY V. L.; VESTAL R., ERALP A. E., 1985. Microbial activity in composting; Biocycle, Oct. Pág 47-50.

MILLER F., 1993. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors; Soil Microbial Ecology, cap.: 18; academy press.

REID T. R., 1998. para alimentar el planeta; national geographic en español; Vol.: 3, N° 4, Oct. Pág. 56-75.

·SMITH J.; PAPENDICK R.; BEZDICEK D.; LYNCH J., 1993. Soil organic matter dynamics and crop residue management; Soil Microbial Ecology, cap: 3; Academy press.

·VILLA G. L.; PELAEZ C. A., 2001. El Compostaje: una opción rentable y sostenible, para el manejo de los desechos y el mejoramiento de los suelos, en cultivos de frutales; Seminario nacional de cultivos de clima frío moderado; Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín.

Sobre el autor: **Asesor especializado en Ciencias y Tecnología. CIER – Corporación de Investigación para el Ecodesarrollo Regional– .gustavorganico@yahoo.es*

Notas: *1 Libre de patógenos para las plantas, los animales y el hombre. (GIEM, 2000).*