



## Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica

Gabriela Soto<sup>1</sup>  
Claudia Muñoz<sup>2</sup>

**E**n la finca sostenible, el suelo cumple una función clave como hábitat de microorganismos, sostén, manejo del agua, transformador de desechos naturales, almacén y fuente de nutrimentos cuando la planta los necesita (sincronía). El productor orgánico cuida el suelo de su finca no solo porque constituye una fuente de nutrimentos para los cultivos, sino por su capacidad para controlar potenciales enfermedades, pero sobre todo para asegurar agua limpia para la comunidad (Rodríguez y Paniagua 1994).

Para que el suelo pueda cumplir estas funciones es indispensable que posea un buen contenido de materia orgánica (tanto macro-materia orgánica como humus) y una diversa actividad biológica. Por tanto, en la producción orgánica se utiliza el área de la finca en forma intensiva, tanto horizontal como vertical para proveer esta materia orgánica, se siembran varios doseles cuando el cultivo lo permite, se utilizan cercas vivas, y se aprovechan las malezas adecuadamente. En este tipo de producción, las malezas son consideradas una forma eficaz de aprovechar los recursos suelo, agua y sol para producir materia orgánica, proteger el suelo, y favorecer la infiltración *versus* la escorrentía, asegurando el reabastecimiento de los mantos acuíferos.

Para acelerar el proceso de recuperación del suelo, muchos productores utilizan además de las fuentes frescas de materia orgánica, la elaboración y aplicación de

abonos orgánicos como el compost y el lombricompost. En este artículo se hace una breve revisión de aspectos relevantes en la preparación y uso del compost.

### ¿Qué es compost?

De acuerdo con Mustin (1987), el compostaje es el proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias húmicas. El lombricompost, al igual que el compost, logra transformar los desechos orgánicos en compuestos estables, por lo cual es considerado una forma de compostaje (Bollo 1999, Rynk 1992).

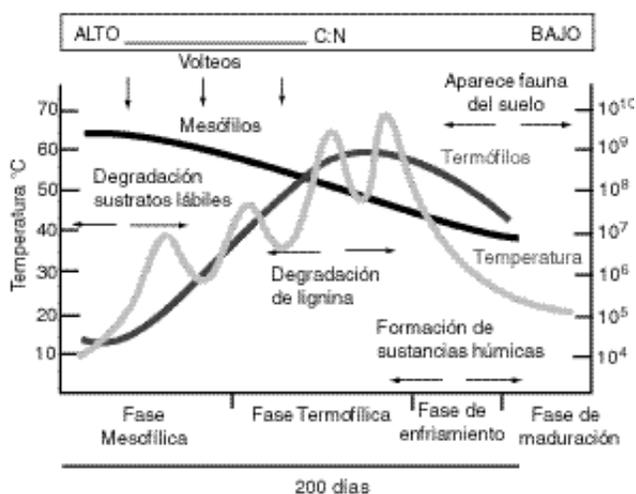
Para favorecer un buen proceso de compostaje es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana, como: la cantidad adecuada de agua, oxígeno y una alimentación balanceada. La intensa actividad microbiana durante este proceso provoca un aumento en la temperatura. En el lombricompostaje para evitar este calentamiento que causa daño a las lombrices, se trabaja con camas de poca altura (Siles 1998, Bollo 1999).

El proceso de compostaje es un proceso predominantemente aeróbico, en el cual los sustratos más lábiles (azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosa) son descompuestos en menor tiempo por bacterias, hongos y actinomicetes mesófilos tolerantes a temperaturas medias. La proporción de esos microorganismos varía según el sustrato. Posteriormente, se da

<sup>1</sup> Departamento de Agricultura Ecológica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. gabisoto@catie.ac.cr

<sup>2</sup> Estudiante de Posgrado en Agricultura Ecológica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. cmunoz@catie.ac.cr

la descomposición de los materiales más recalcitrantes (hemicelulosa y lignina) por organismos termófilos (resistentes a altas temperaturas) como las levaduras y algunos actinomicetes, para pasar luego a la formación de sustancias húmicas, durante la fase de enfriamiento y maduración (Fig. 1) (Mustin 1987, Paul y Clark 1996). La formación de ácidos húmicos es realizada principalmente por hongos y algunos actinomicetes. La condensación de los fenoles junto con el amonio durante el proceso de humificación, es quizás la fase más importante del proceso de compostaje (Paul y Clark 1996).



**Figura 1.** Proceso de compostaje. Fuente: Paul y Clark (1996).

La forma más sencilla para determinar si durante el proceso de compostaje se ha logrado la formación de ácidos húmicos es por una disminución de temperatura, siendo todas las condiciones de alimentación, humedad y oxígeno óptimas para la actividad microbiana. De esta forma si la temperatura disminuye es porque todo el sustrato balanceado ha sido transformado.

En Costa Rica se ha generalizado el uso de "bocashi" (Sasaki *et al.* 1994), donde la mezcla de materiales se humedece solo en el momento de su elaboración, y se voltea frecuentemente (hasta dos veces al día) para evitar aumentos de la temperatura por encima de los 45°C. Este material normalmente se enfría en una o dos semanas. Sasaki *et al.* (1994) señalan que en el bocashi la disminución de la temperatura se da por una reducción en el contenido de humedad, previo a la formación de ácidos húmicos.

Aunque el comportamiento no es necesariamente constante en todo el material compostado,

mediciones de la tasa de humificación demuestran que durante los primeros 15 días no se da un aumento en el contenido de ácidos húmicos y fúlvicos (Paul y Clark 1996). El bocashi, así como los procesos de compostaje de broza, en los cuales solo se utiliza la humedad que trae la pulpa del café y no se agrega más agua durante el proceso, pueden ser considerados procesos de compostaje incompletos.

### Condiciones ideales del compostaje

Dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de estos organismos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, agua y una nutrición balanceada (Cuadro 1). Hay otros factores que también pueden afectar su desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples (melaza), y mayor superficie de contacto o tamaño de partícula.

**Cuadro 1.** Condiciones ideales de compostaje.

Condición	Ámbito aceptable	Condición óptima
Relación C:N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Humedad	40 – 65%	50 – 60 %
Oxígeno	+ 5%	<sup>a</sup> 8%
pH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Temperatura °C	55 – 75	65 – 70°C
Tamaño de partícula	0,5 – 1,0	variable

Fuente: Rynk (1992).

**Las condiciones físico - químicas de los sustratos.** Los sustratos son la única fuente de alimento para los microorganismos descomponedores y por lo tanto, las cualidades y cantidades de los nutrientes deben ser suficientes para permitir a éstos cumplir sus funciones (crecimiento, regulación y reproducción).

**Relación C:N.** Una buena relación C:N es importante para suplir un sustrato adecuado para el desarrollo de los microorganismos, que acelere el proceso de descomposición y mejore la calidad del producto final. Una relación C:N muy alta retarda el proceso de descomposición, mientras que una muy baja, hace que se pierda N por falta de estructuras de carbono que permitan su retención. Por ejemplo, con la gallinaza se puede perder hasta el 85% del amonio por volatilización durante la primera semana cuan-

do el manejo y la mezcla de materiales no son los adecuados (Hansen *et al.* 1993). En la fase inicial de compostaje, los microorganismos consumen entre 15 y 30% más carbono que nitrógeno. Por tanto, una relación 30:1 se considera favorable; ésta se estabiliza entre 15 y 8 al final del proceso.

**Granulometría.** La disminución del tamaño de las partículas de los sustratos incrementa el área de contacto y por consiguiente, la actividad microbiana y con ella la degradación de los materiales. Sin embargo, las partículas muy pequeñas limitan el flujo de aire. El diámetro adecuado de las partículas es 10-50 mm (Dalzell *et al.* 1991, Mustin 1987).

### Instalaciones para el proceso de compostaje

En general, no se requieren condiciones muy controladas para la elaboración de compost. El aspecto más importante es el acceso a una fuente de agua para mantener la humedad óptima, pero sin que los lixiviados del proceso contaminen estas fuentes de agua. Se recomienda que el material esté cubierto para evitar la pérdida de nutrientes. Soto (2001) comparó Vermicompost preparados a cielo abierto con otros que permanecieron cubiertos durante todo el proceso, determinando una pérdida de nutrientes en los lixiviados del material sin tapar (Cuadro 2).

### Usos del compost

El compost tiene efectos positivos en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos (Bulluck *et al.* 2002), incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos (Stamatiadis *et al.* 1999, Pickering *et al.* 1998), eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana (Eastman *et al.* 2001, Dixon y Walsh 1998, Ingham 1998) y degradación de residuos de plaguicidas (Block 1998, Büyüksönmez *et al.* 2000).

Además de estos efectos, el compostaje como proceso ofrece ventajas en términos operativos porque disminuye la cantidad de biomasa a aplicar debido a la pérdida de carbono y agua del material, durante el proceso de descomposición, lo cual representa un ahorro de dinero al productor (Rynk 1992).

El uso de compost también tiene desventajas, tales como el incremento en los contenidos de sales a niveles que pueden afectar el crecimiento de cultivos sensibles y fitotoxidades, especialmente cuando se emplean residuos con trazas de metales pesados o materiales no terminados (Costa *et al.* 1997).

El compost puede ser considerado como un mejorador del suelo porque la adición de ácidos húmicos aumenta la capacidad de intercambio catiónico y mejora la capacidad de manejo de agua, aspectos esenciales para una finca sostenible. Pero también es usado como abono. La mayoría de los productores, durante el proceso de transición de agricultura convencional a orgánica, buscan alternativas al uso de fertilizantes sintéticos y utilizan el compost como abono orgánico.

### Los compost como abonos

Muchos agricultores prefieren utilizar compost como fuente de nutrientes para sus cultivos que aplicar residuos frescos, tales como excretas de animales, porque reducen el mal olor (Miller 1993), los efectos tóxicos sobre los cultivos, la contaminación de aguas y elimina patógenos y semillas de malezas (Rynk 1992). Además en el caso de excretas de animal, el recién publicado Reglamento de Producción Orgánica de los Estados Unidos (NOP 2000), prohíbe el uso de excretas sin compostear 120 días antes de la cosecha en cultivos cuya parte comestible toque el suelo, y 90 días en aquellas que el producto comestible no toque el suelo. Por lo tanto, si se quiere cumplir con la reglamentación, cultivos como lechuga podrán utilizar únicamente excretas composteadas.

**Cuadro 2.** Variaciones en el contenido de nutrientes de compost de broza preparado bajo diferentes condiciones de manejo.

Broza de café	pH	Humedad	N	P	Ca	Mg	K
				(%)			
Vermicompost al aire libre	5,5	48,0	1,50	0,12	0,71	0,17	0,17
Vermicompost bajo techo	7,5	65,0	2,32	0,21	2,41	0,80	0,79

Fuente: Soto (2001).

Los productos de procesos de compostaje incompletos, como el bocashi aportan más nutrientes a corto plazo que un compost terminado, además de que incorporan una población microbiana diversa para continuar el proceso de descomposición en el campo, pero existe el riesgo de que aumenten la temperatura del suelo, lo cual podría afectar a los microorganismos benéficos y a los cultivos (Soto 2001). Los abonos con macromateria orgánica como el bocashi o excretas frescas semicomposteadas son recomendables al iniciar el período de transición entre producción convencional intensiva y producción orgánica porque mantienen una tasa de liberación de nutrientes más rápida que el compost.

No obstante, Shibahara *et al.* (1998) señala que la aplicación de un material que libera los nutrientes lentamente tiene la ventaja de que reduce las pérdidas por lixiviación y volatilización y constituye una fuente de nutrientes a largo plazo.

Con respecto al efecto de estas enmiendas orgánicas sobre las propiedades químicas del suelo Clark *et al.* (1998), en una evaluación de cuatro años sobre los efectos de la aplicación de fertilizantes sintéticos y orgánicos, encontraron incrementos en las concentraciones de C, P, K, Ca y Mg en los sistemas que recibieron abonos orgánicos continuamente. Douds *et al.* (1997) también encontraron incrementos en los contenidos de fósforo y potasio disponibles luego de tres años de aplicación de compost de estiércol de gallina, ganado vacuno y follaje, además detectaron un efecto significativo en las poblaciones de micorrizas, específicamente de *Glomus* sp. y *G. etunicatum*.

Si el compost es utilizado como abono es importante considerar que la disponibilidad de nutrientes varía mucho dependiendo de la materia prima utilizada, el método de compostaje, y el grado de madurez del producto final. El estudio de Hartz *et al.* (2000) muestra el efecto de la variabilidad en los contenidos de nutrientes de los compost sobre el

N recuperado en el cultivo de *Festuca arundinacea* Shreb (Cuadro 3).

Además de los factores que normalmente afectan la mineralización de la materia orgánica en el suelo, en los compost esta también es alterada por otros factores intrínsecos a los materiales y a los procesos. Por ejemplo, Castellanos y Pratt (1981) hallaron tasas de mineralización de nitrógeno de 17% durante 40 semanas de compostaje de estiércoles, mientras que Hadas y Portnoy (1994) informaron una tasa de 10% durante 32 semanas con el mismo tipo de compost. Hartz *et al.* (2000) determinaron una tasa de sólo 7% para este tipo de compost de 12 semanas y de 1% para compost producido con residuos vegetales durante el mismo tiempo. Ampliando la variabilidad, Douglas y Magdoff (1991) reportaron una inmovilización por 67 días en compost de estiércoles. Hartz *et al.* (2000) encontraron una correlación altamente significativa entre la tasa de mineralización de N y los contenidos iniciales de nitrógeno. Así mismo, Robertson y Morgan (1995) determinaron que a mayor edad del compost menor tasa de mineralización.

La velocidad con que el compost libera los nutrientes es una medida indirecta de la disponibilidad de ellos, ya que éstos pueden ser liberados ya sea por volatilización y/o lixiviación. Sin embargo, la determinación de la cantidad de nutrientes retenidos en el compost permite estimar su efecto residual. La cantidad de biomasa que pierden los compost en el campo es un indicador de la velocidad de descomposición. Al respecto Balkcom *et al.* (2001) encontraron que aplicando compost de lodos municipales a una tasa de 4 t/ha de peso seco, éstas perdieron aproximadamente el 36% del peso durante 52 semanas. No obstante, estos autores reportaron que aproximadamente el 50% del N fue liberado en las primeras dos semanas, el fósforo fue menos soluble, liberándose solo el 21% en el mismo período, y

**Cuadro 3.** Porcentaje de nitrógeno recuperado de diversos tipos de compost.

Materiales composteados	N total	N orgánico	P	K	C	C/N	N total recuperado (%)
Estiércol de gallina (1996)	38	36	23	29	217	5,7	7,0
Forraje (1996)	22	22	8	31	251	11,4	3,7
Residuos de cultivos	12	12	2	14	111	9,3	3,7
Desechos municipales (1996)	16	16	3	9	236	14,4	3,7
Estiércol de gallina (1997)	26	24	14	21	181	7,0	6,0
Forraje (1997)	22	21	8	32	199	9,3	5,1
Estiércol ganado vacuno	15	14	11	18	155	10,5	8,0
Desechos municipales (1997)	14	14	3	8	217	15,5	1,0

Fuente: Hartz *et al.* (2000).

el 20% del calcio, mientras que el magnesio no mostró ninguna pérdida. Somarribas y Soto (datos no publicados) en evaluaciones con compost de pulpa de naranja aplicados en plantaciones de naranja en la zona de San Carlos, Costa Rica, encontraron una liberación del 23% de nitrógeno en 16 semanas en la época seca y 53% en 8 semanas en la época lluviosa.

### Calidad de compost

Uno de los aspectos más estudiados actualmente es la determinación de la calidad del producto final. Los laboratorios de análisis de suelos y foliares han optado por ofrecer como análisis de compost la digestión total, que determina el contenido total de los nutrientes. Sin embargo, este análisis sobreestima la disponibilidad de nutrientes a corto plazo, porque las tasas de liberación son más lentas. En el laboratorio de la Universidad de Costa Rica han desarrollado una metodología que utiliza la actividad microbiana como indicador de calidad del compost (Vandevivere y Ramírez 1994, Salas y Ramírez 1999).

El método para medir la calidad del compost es determinado por el uso que se quiera dar al mismo. El Departamento de Transportes (DOT) de los Estados Unidos, utilizan el tamaño de partícula como criterio principal, porque el compost es utilizado para bordes de carreteras y zonas verdes (Mitchell 1997). Otros criterios pueden ser la inocuidad (ausencia de organismos patógenos a humanos o contenidos de

metales pesados) (Cuadro 4). Todavía no existe un análisis único que evalúe la calidad del compost, sino que se debe utilizar una mezcla de varios.

Algunos países han avanzado en la regulación para el uso del término “compost” en el etiquetado de productos (Gies 1992). En América Central es necesario trabajar en una legislación que regule este proceso, porque muchos productores etiquetan como compost materiales aún no terminados, con poco valor nutritivo y a veces con contaminantes. Las características generales de un compost comercialmente aceptable se presentan en el cuadro 5, pero se reitera que esto dependerá del uso que se le de al mismo.

### Residuos del beneficio del café

La broza o pulpa del café se utiliza como alimento para animales, para producir biogas, alcohol, pectinas y como abono (Calle 1977).

El contenido de nutrientes de la broza ha sido evaluado en varias investigaciones (Orozco *et al.* 1996, Blandon *et al.* 1999, Korikanthimath y Hosmani 1999, Nogueira *et al.* 2000) y los rangos informados para cada elemento son: 1,47 a 3,02% de nitrógeno, 0,12 a 0,53% de fósforo, 2,82 a 4,21% de potasio, 0,32 a 0,81 de calcio y 0,08 a 0,42 de magnesio (Cuadro 6). El mucílago es un hidrogel que contiene 8,9% de proteínas y 4,1 % de azúcares en base húmeda (Martínez 1959). Mientras la cascarilla de café constituye el 3% del peso húmedo del café cereza y se ha utilizado co-

**Cuadro 4.** Niveles máximos de contaminantes permitidos en el compost por región.

Metal	Canadá <sup>a</sup> µg / g	Unión Europea compost orgánico <sup>b</sup> (µg / g)	Otros contaminantes <sup>c</sup>	
Arsenico	10	-	Plástico (%)	1
Cadmio	3	0,7	Otros (%)	2
Cromo	50	70	PBC (µg / g)	0,5
Plomo	150	45	Captan (µg / g)	0,05-100
Mercurio	0,15	0,4	Clordano (µg / g)	0,3
Níquel	60	25	Lindano (µg / g)	1-7
Cobre	-	70	2,4-D (µg / g)	0,5-1,0
Zinc	500	200		

<sup>a</sup>Ontario, Canadá. (Gies 1992). <sup>b</sup>Anexo II. Regulación Europea 2092/91. Enmienda 1997. <sup>c</sup>USDA(Henry, 1991). Recopilado por el autor.

**Cuadro 5.** Características generales de un compost comercialmente aceptable.

Característica	Rango óptimo	Característica	Rango óptimo
% Nitrógeno	> 2	% Fósforo	0,15-1,5
C:N	< 20	Color	Pardo-negro
Cenizas (%)	10-20	Olor	Tierra
Humedad	10-20<40	CICE (meq/100g)	75-100

Fuente: Paul y Clark (1996).

mo componente de compost para lograr mejores relaciones C/N (Leal y Cañizares 1998).

Para el proceso de compostaje, la broza del café presenta características idóneas que casi ningún otro residuo agroindustrial posee, ya que contiene un alto contenido de azúcares (fuente energética), una buena relación C:N (25-30:1) y un tamaño de partícula adecuado. El contenido inicial de humedad (85-90%) puede ser muy alto comparado con el óptimo para compostaje (60%), pero es rápidamente modificado con un frecuente volteo del material. Es por esto que el compostaje de este material ha sido ampliamente difundido como una alternativa para el manejo de este desecho.

### La broza como abono

Sobre su efecto en el rendimiento de los cultivos, Fraga y Conagin (1956) evaluaron la combinación de productos de síntesis con la broza y obtuvieron rendimientos superiores a los alcanzados por esos productos. El Instituto del Café de Costa Rica (1997) y Uribe y Salazar, (1983) reportaron que con la aplicación de 6 kg de broza se obtuvieron los mismos rendimientos por planta que con fertilizantes sintéticos. Muñoz en datos sin publicar reporta en diferentes tipos de compost de broza (compost y lombricompost) aplicados en cafetales en Turrialba tasas de liberación de nitrógeno de un 25 a un 35% en 209 días en campo.

### Consideraciones finales

El compost cumple una función vital en las fincas durante el proceso de transición de producción con-

vencional a orgánica, no tanto como fuente de nutrientes, sino para mejorar la capacidad del suelo para el manejo de nutrientes y agua. La tasa de liberación de nutrientes de un compost es lenta, y en el mejor de los casos (p. ej., compost de lodos urbanos) se llega a liberar un 50% de su contenido de nitrógeno, pero estos porcentajes disminuyen cuando las materias primas son residuos vegetales (20 - 25%).

Por tanto, si los compost se desean utilizar como abono en la producción orgánica es necesario continuar los estudios sobre la tasa de liberación de nutrientes para determinar su aporte a corto y largo plazo.

Otro aspecto que es prioritario trabajar son las regulaciones de etiquetado para asegurar la calidad del producto que llega al mercado.

### Literatura citada

- Balkcom, KS; Adams, JF; Hartzog, DL; Wood, CW. 2001. Mineralization of composted municipal sludge under field conditions. *Communications Soil Science Plant Analysis* 32 (9-10): 1589-1605.
- Blandon, GC; Dávila, MTA; Rodríguez, NV. 1999. Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. *Cenicafé (Colombia)* 50 (1): 5-23.
- Block, D. 1998. Degrading PCB's through composting. *Biocycle* 39(12):45-48.
- Bollo, E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Ecuador Soboc. 149 p.
- Bulluck, LR; Brosius, M; Evanylo, GK; Ristaino, JB. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19: 147-160.
- Büyüksönmez, F; Rynk, R; Hess, TF; Bechinski, E. 2000. Occurrence, degradation, and fate of pesticides during composting: occurrence and fate of pesticides *In* Compost and composting systems. *Compost Science and Utilization* 8 (1): 61.

**Cuadro 6.** Análisis físico y químico de pulpa de café con y sin mucílago en diferentes etapas del compostaje.

	Pulpa de café sola			Pulpa de café con mucílago		
	Fresca	Dos meses con volteos	Compost	Fresca	Dos meses con volteos	Compost
Humedad	74,83	70	52,83	87,9	77,85	55,5
pH	4,4	8,9	8,32	4,13	8,58	7,95
MO %	93,34	81,41	54,44	92,7	85,33	79,36
C/N	30,72	11,65	7,47	27,95	13,5	11,62
N %	1,76	4,06	4,24	1,94	3,7	3,98
P %	0,13	0,27	0,27	0,13	0,25	0,25
K %	2,82	6,9	5,27	2,75	4,82	4,1
Ca %	0,32	0,92	0,91	0,37	0,9	1,18
Mg %	0,08	0,19	0,19	0,11	0,2	0,26
Fe (ppm)	158,75	2510	3413,33	700	3230	3425
Mn (ppm)	69,0	100	155,17	43	128,75	169,25
Zn (ppm)	8,25	109,5	158,83	45,75	88	162,58
CU (ppm)	9,75	12	14,67	17,75	26,75	40,42
B (ppm)	21,75	61	65,33	18,75	52,25	64,33

- Calle, HV. 1977. Subproductos del café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Boletín Técnico No. 5. 82 p.
- Castellanos, JZ; Pratt, PF. 1981. Mineralization of manure nitrogen- correlation with laboratory indexes. *Soil Science Society of America Journal* 45: 354-357.
- Clark, MS; Horwath, WR; Shennan, C; Scow, KM. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low input farming practices. *Agronomy Journal* 90: 662-671.
- Costa, CA da; Casali, VWD; Loures, EG; Cecon PR; Jordão, CP. 1997. Teor de zinco, cobre e cádmio em cenoura em função de doses crescentes de composto de lixo urbano. *Horticultura Brasileira* 15 (1):10-14.
- Dalzell, HW; Biddlestone, AJ; Gray, KR; Thurairajan, K. 1991. Manejo del suelo; producción y uso de compost en ambientes tropicales y subtropicales. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, FAO. 178 p.
- Dixon, GR; Walsh, UF. 1998. Suppression of plant pathogens by organic extracts a review. *Acta Horticulturae* 469: 383-390.
- Douds Junior, DD; Galvez, L; Franke-Snyder, M; Reider, C; Drinkwater, LE. 1997. Effect of compost addition and crop rotation point upon VAM fungi. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 65:257-266.
- Douglas, BF; Magdoff, FR. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization: Indexes for Organic Residues. *Journal of Environmental Quality* 20: 368-372.
- Eastman, BR; Kane, PN; Edwards, CA; Trytek, L; Gunadi, B; Stermer, AL; Mobley, JR. 2001. The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. *Compost-Science-and-Utilization* 9:1, 38-49.
- Fraga, CG Jr; Conagin, A. 1956. Delineamentos e análise de experimentos com cafeiros. *Bragantia* 15 (17): 177-190.
- Gies, G. 1992. Regulating compost quality in Ontario. *Biocycle* 60-61 p.
- Hadas, A; Portnoy, R. 1994. Nitrogen and carbon mineralization of composted manures incubated in Soil. *Journal of Environmental Quality* 23: 1184-1189.
- Hansen, RC; Keener, HM; Marugg, C; Dick, WA; Hoiting, HAJ. 1993. Composting of poultry manure. In Hoiting, HAJ; Keener, HM. Ed. Science and Engineering of composting: design, environmental, Microbiological and Utilization aspects. 131-153 p.
- Hartz, TK; Mitchell, JP; Giannini, C. 2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and compost. *HortScience* 35(2):209-212.
- Henry, CL. 1991. Review of composting literature. Technical information on the use of organic materials as soil amendments: a literature review. Solid Waste Composting Council, Washington, D.C.
- Ingham, E. 1998. Replacing methyl bromide with compost. *Biocycle* 39(12):80-82.
- Instituto del Café de Costa Rica. 1998. Informe Anual de Labores 1997. Heredia, Costa Rica. Unidad de Producción agrícola. 254 p.
- Korikanthimath, VS; Hosmani, MM. 1999. Organic recycling of coffee pulp in coffee based cropping systems. *Indian Coffee* 63 (1):4-6.
- Leal, N; Cañizares, C. 1998. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agronomía Tropical* 48 (3): 335-357.
- López, MA. 1966. Cambios químicos en el suelo ocasionados por adición de materia orgánica. Su valor residual y su efecto sobre plántulas de café hasta un año de edad. *Cenicafé (Colombia)* 17(4):121-131.
- Martínez, NGN. 1959. Coffee mucilage – its chemical composition. *Coffee and Tea Industries*. 82: 17-18.
- Mathur, SP; Owen, G; Dinel, H; Schnitzer, M. 1993. Determination of compost biomaturity. *Biological Agriculture and Horticulture* 10: 65-85.
- Miller, FC. 1993. Minimizing odor generation. In Hoiting, HAJ; Keener, HM. Ed. Science and Engineering of composting: design, environmental, Microbiological and Utilization aspects. p. 219-241.
- Mitchell, D. 1997. State highway departments find it ways to use compost. *Biocycle* 38(8):67-72.
- Mustin, M. 1987. Le Compost, Gestion de la Matière organique. Paris, Editions François DUBUSC. 954 p.
- Nogueira, MAS; Pinheiro, NCG; Mollica, SV; Teixeira, AM de. 2000. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. *Scientia Agricola* 57 (1): 185-189.
- NOP. 2000. National Organic Program. Final Rule 7 CFR Part 205. Department of Agriculture. USA.
- Orozco, FH; Cegarra, J; Trijillo, LM; Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: Effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of soils*. 22:162-166.
- Paul, EA; Clark, FE. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. 2 ed. Academic Press. 340 p.
- Pickering, JS; Kendle, AD; Hadley, P. 1998. The suitability of composted green waste as an organic mulch: effects on soil moisture retention and surface temperature. *Acta Horticulturae* 469:319-324.
- Robertson, FA; Morgan, WC. 1995. Mineralization of C and N in organic materials as affected by duration of composting. *Australian Journal of Soil Research* 33(3):511-524.
- Rodríguez, G; Paniagua, JJ. 1994. Horticultura Orgánica: una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruíz, Costa Rica. Fundación Güilombé. 76 p.
- Rynk, R. 1992. On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York. 186 p.
- Salas, E; Ramírez, C. 1999. Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: calibración de campo. In Congreso Agronómico Nacional y III Congreso Nacional de Suelos (1999, San José, Costa Rica). Memoria. vol. III. p. 71.
- Sasaki, S; Alvarado, A; Li Kam, A. 1994. Curso Básico de agricultura orgánica. San José, Costa Rica, Proyecto de Agricultura Orgánica, UCR-JOCV. 30 p.
- Shibajara, F; Shigekazu, Y; Inubushi, K. 1998. Dynamics of Microbial Biomass Nitrogen as Influenced by Organic Matter Application in Paddy Fields. *Soil Science and Plant Nutrition*. 44 (2):167-178.
- Siles, J. 1998. El manejo de desecho de broza con lombrices californianas. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 93 p.
- Soto, G. 2001. Abono orgánicos: producción y uso de compost. In Meléndez, G; Molina, E. Fertilidad de Suelos y Manejo de la Nutrición de Cultivos en Costa Rica. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica.
- Stamatiadis, S; Werner, M; Buchanan, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California) *Applied Soil Ecology* 12 :217-225.
- Uribe, H; Salazar, AJN. 1983. Influencia de la pulpa del café en la producción del café. *CENICFE*. 34 (2):44-58.
- Vandevivere, P; Ramírez, C. 1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. In Simposio Centroamericano de Agricultura Orgánica (1995, San José, Costa Rica). García, J; Nájera, J. Ed. Memoria. UNED. 121-140 p.
- Wu, L; Ma, LQ; Martínez, GA. 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality* 29:424-429.