

Compostaje de Estiércol y Otros Materiales Orgánicos

Charles S. Wortmann, Especialista en Suelos de la Extensión — Manejo de Nutrientes
 Charles A. Shapiro, Especialista en Suelos de la Extensión — Nutrición de Cultivos

El compostaje es cada vez más común en Nebraska. Esta NebGuide ofrece información sobre el proceso de compostaje y cuestiones afines.

El Proceso de Compostaje

El estiércol recogido de los corrales puede ser compostado tal cual (sin agentes de carga) o con material rico en carbono (*Tabla IV*) para aumentar la relación C:N y reducir la pérdida de nitrógeno. El estiércol de cebadero puede ser compostado en 60-120 días, dependiendo de la temperatura ambiente. El compostaje en hileras es el método más utilizado para el estiércol de corrales de ganado de engorda. Las hileras deben tener de 3-6 pies de alto y de 8-12 pies de ancho. Se puede voltear con una volteadora de hileras o con un cargador frontal.

Las desventajas del compostaje de residuos orgánicos incluyen la pérdida de nitrógeno y otros nutrientes, el tiempo de procesamiento, el costo del equipo de manipulación, la tierra disponible para el compostaje, los olores, la comercialización, el desvío de estiércol o residuos de las tierras de cultivo, el riesgo de perder la clasificación de la explotación y la lenta liberación de los nutrientes disponibles. Durante un estudio realizado en Nebraska a lo largo de tres años, se perdió en la atmósfera durante el compostaje hasta el 40 por ciento del nitrógeno total del estiércol de los corrales de ganado vacuno y el 60 por ciento del carbono total. Las pérdidas por escorrentía y lixiviación de sodio (Na) y potasio (K) también fueron elevadas (por encima del 6,5 por ciento cada una) durante los períodos de compostaje con precipitaciones elevadas. El aumento de la relación carbono-nitrógeno mediante la incorporación de materiales ricos en carbono (hojas, residuos vegetales, papel, aserrín, etc.) puede reducir la pérdida de nitrógeno. En otro estudio, se encontró una reducción del 30 por ciento en la pérdida de nitrógeno durante el compostaje de estiércol de aves de corral en reactores de 55 galones cuando la relación C:N aumentó de 15 a 20. Debido a las pérdidas de nitrógeno, carbono y potasio del estiércol durante el compostaje, puede ser más conveniente aplicar el estiércol directamente como fuente de nutrientes, a menos que se desee mejorar las características del estiércol, eliminar las semillas de malas hierbas y los patógenos, o reducir los problemas de olores.

La temperatura, el contenido de agua, la relación C:N, el nivel de pH, la velocidad de aireación y la estructura física de los materiales orgánicos son factores importantes que influyen en la velocidad y la eficacia del compostaje. Los valores ideales para estos factores se indican en la *Tabla I*. Los sólidos homogéneos de estiércol pueden ser compostados solos sin mezclarlos con materiales a granel. Los agentes de carga son necesarios para proporcionar un soporte estructural cuando los sólidos del estiércol



Figura 1. Volteo de una pila de compostaje.

u otros residuos orgánicos están demasiado húmedos para mantener espacios de aire dentro de la pila de compostaje, y para reducir el contenido de agua y/o cambiar la relación C:N. Los materiales secos y fibrosos, como el aserrín, las hojas, la paja finamente picada o la turba, son buenos agentes de carga para el compostaje de estiércol húmedo o residuos orgánicos.

La temperatura es el indicador más común del progreso del compostaje. Una temperatura elevada es necesaria para destruir patógenos y semillas de malas hierbas en el estiércol u otros materiales orgánicos. La normativa de la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) para el compostaje de residuos municipales exige que la temperatura se mantenga a 131°F o más durante al menos tres días para destruir los patógenos. Se necesita una temperatura de 145°F dentro de la pila de compostaje para destruir las semillas de malas hierbas. Dependiendo de la temperatura ambiente, el proceso completo de compostaje puede durar de dos a seis meses. El contenido de agua del compostaje maduro debe ser inferior al 50 por ciento y preferiblemente entre el 30 y el 35 por ciento. La proporción C:N debe ser inferior a 20.

Tabla I. Condiciones recomendadas para un compostaje rápido.

| Condición [†] | Rango razonable | Rango preferido |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------|
| Rango carbono/nitrógeno | 20:1 - 40:1 | 25:1 - 30:1 |
| Contenido de agua | 40 - 65% | 50 - 60% |
| Concentración de oxígeno | > 5% | 5 - 15 % |
| Tamaño de la partícula (diámetro) | 1/8 - 1/2 pulgada | Depende del material |
| pH | 5.5 - 9.0 | 6.5 - 8.0 |
| Temperatura | 110 - 150 | 130 - 140 |

La fuente es *On Farm Composting*, por R. Rynk, M. van de Kamp, G.B. Wilson, M.E. Singley, T.L. Richard, J.J. Kolega, F.R. Gouin, L. Laliberty, Jr., D. Kay, D.W. Murphy, H.A. J. Hoitink, y W.F. Brinton, 1992, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, N.Y.

[†]Las condiciones fuera de estos rangos también pueden producir un compostaje exitoso.

Métodos de Compostaje

Existen muchos métodos de compostaje de materiales orgánicos (*Figuras 1 y 2*). Entre ellos se incluyen la hilera activa (con volteo), las pilas de compostaje pasivo, la hilera aireada pasivamente (suministro de aire a través de tubos perforados incrustados en la hilera), la hilera aireada activa (aire forzado), los contenedores, los lechos rectangulares agitados, los silos, los bidones giratorios, los contenedores, la digestión anaeróbica y el vermicompostaje (utilizando lombrices de tierra).

Debido a las diferencias en las características del estiércol y en los sistemas de manipulación de las distintas especies ganaderas, el proceso de compostaje de cada una de ellas se analizará por separado. En otras secciones se describirá el compostaje de otros residuos orgánicos.



Figure 2. Compostaje en hileras.

Corrales de Ganado de Engorda

Alrededor de 2,5 millones de cabezas de ganado vacuno y terneros consumen granos y concentrados en Nebraska. Normalmente, en el centro y sur de las Great Plains, el estiércol raspado de los corrales de engorda suele tener un 50 por ciento de tierra. La cantidad de estiércol producida por unidad animal y día se indica en la *Tabla II*. Se recogen unas 14,2 lb de mezcla seca de estiércol y tierra por cabeza por día cuando se raspa el corral. Anualmente hay de 5 a 6 millones de toneladas de estiércol (peso seco) disponibles para aplicar a la tierra o para compostar en Nebraska (suponiendo que el peso medio de cada animal es de unas 800 lb). En la *Tabla III* se indican las características del estiércol recogido en los corrales de ganado de engorda.

Tabla II. Producción de estiércol por cada 1.000 libras de peso vivo del animal al día.

| Ganado | Masa húmeda [†] | Total de sólidos secos |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| lb | | |
| Ganado de engorda | 52.0 | 7.1 |
| Lechería | 78.0 | 10.7 |
| Porcino (cerdo de 100 lb) | 88.4 | 8.1 |
| Avícola | | |
| Pollo de engorda | 87.9 | 24.6 |
| Gallinas | 72.7 | 17.8 |
| Pavo | 55.0 | 12.3 |
| Ovino | 39.0 | 11.3 |
| Equino | 54.0 | 16.5 |

La fuente es Livestock Waste Management, Vol. I., por M.R. Overcash, F.J. Humenik, y J.R. Miner, 1983, CRC Press, Boca Raton, Fla.

[†] Orina y excremento.

Tabla III. Rango de características del estiércol de especies ganaderas.

| Características | N | P | Contenido de agua | | C:N | pH |
|--------------------------------|-----------|-----------|----------------------|-------------------------|------------------------|----|
| | | | % | ----- | | |
| Corral de engorda [†] | 0.2 - 3.0 | 0.1 - 1.2 | 20 - 80 | 10:1 - 20:1 | 6 - 8 | |
| Porcino | 0.3 - 0.5 | 0.1 - 0.2 | 70 - 85 | 15:1 - 21:1 | 7 - 8 | |
| Lechería | 0.3 - 0.6 | 0.1 - 0.2 | 75 - 90 | 8:1 - 30:1 | 6 - 8 | |
| Estiércol de pollo | 0.8 - 2.5 | 0.3 - 0.7 | 50 - 87 | 4:1 - 18:1 | 6.0 - 7.5 | |
| Lechos de pollo | 1.7 - 6.8 | 0.8 - 2.6 | 22 - 29 | 6:1 - 24:1 | 6.5 - 8.5 | |
| Pavo | 1.2 - 1.8 | 0.3 - 0.9 | 50 - 87 [‡] | 4:1 - 18:1 [‡] | 6.0 - 7.5 [‡] | |

[†] Estiércol de corral de engorda de ganado tal como se recoge; otros basados en estiércol fresco.

[‡] Suponiendo algo similar con el pollo.

Tabla IV. Contenido de carbono y relación C:N de materiales de engorda.

| Material | % N (peso seco) | C:N |
|---------------------------|------------------|----------------|
| Tallos de maíz | 0.6-0.8 | 60-73 |
| Paja | 0.3-1.1 (0.7) | 48-150 (80) |
| Corteza de madera dura | 0.1-0.4 (0.24) | 116-436 (223) |
| Corteza de madera blanda | 0.04-0.39 (0.14) | 131-1285 (496) |
| Papel periódico | 0.06-0.14 | 398-852 |
| Aserrín | 0.06-0.8 | 200-750 |
| Pequeños trozos de madera | 0.04-0.23 (0.09) | 212-1313 (641) |
| Hojas | 0.5-0.13 (0.9) | 40-80 (54) |

Los números en paréntesis son promedios.

El estiércol recogido de los corrales puede ser compostado tal cual (sin agentes de carga) o con material rico en carbono (*Tabla IV*) para aumentar la relación C:N y reducir la pérdida de nitrógeno. El estiércol de cebadero puede ser compostado en 60-120 días, dependiendo de la temperatura ambiente. El compostaje en hileras es el método más utilizado para el estiércol de corrales de ganado de engorda. Las hileras deben tener de 3-6 pies de alto y de 8-12 pies de ancho. Se puede voltear con una volteadora de hileras o con un cargador frontal.

Porcino

La producción y las características del estiércol porcino se recogen en las *Tablas II y III*. El estiércol porcino recogido en las naves de confinamiento se compone de heces, orina, aguas residuales y alimento. El estiércol recogido mediante fosas profundas y fosas poco profundas con rascadores mecánicos o canalones de drenaje por gravedad tiene un contenido en sólidos del 2-8 por ciento, mientras que el estiércol recogido mediante sistemas de lavado es más diluido y contiene menos del 2 por ciento de sólidos.

Para el compostaje, los sólidos del estiércol deben separarse del líquido. Las prensas y centrifugadoras tienen una mayor eficacia de separación y producen sólidos más secos que las cribadoras. La adición de floculantes, como polielectrolitos y polímeros orgánicos, a los lodos de estiércol antes de la separación puede mejorar significativamente la eficacia de la separación. El estiércol con mayor contenido de agua también se puede compostar si se añaden materiales de carga con alto contenido de carbono para formar un montón de compostaje. En la *Tabla IV* se indican las características de algunos materiales de carga. Una vez añadidos los materiales de carga al estiércol porcino, éste puede ser compostado en hileras de 3 pies de alto y 10 pies de ancho. Puede ser necesario voltearlo con frecuencia para secar el material, aumentar la temperatura de la pila de compostaje y reducir los olores.

Lechería

El estiércol recogido en los corrales de engorda, reposo y ordeña puede ser compostado. El estiércol recogido en las operaciones lecheras contiene entre un 75 y un 95 por ciento de agua y necesita deshidratación o adición de material de carga para un compostaje adecuado. Las técnicas utilizadas para deshidratar el estiércol porcino también pueden emplearse con el estiércol de lecherías. Los lechos de paja o aserrín son buenas fuentes de materiales de carga y secado para el compostaje. El estiércol de lecherías contiene entre un 3-4 por ciento de nitrógeno y se beneficia de la adición de materiales con alto contenido en carbono para reducir la pérdida de nitrógeno durante el compostaje. Al igual que el estiércol porcino, el estiércol de lecherías puede ser compostado tras añadir material de carga para formar una pila de compostaje.

Aves de corral

La producción y las características del estiércol de pollos y pavos se indican en las *Tablas II y III*. El estiércol de las operaciones de pollos de engorda, gallinas ponedoras y pollitas, y pavos son los principales residuos generados por las operaciones avícolas. La gallinaza, la camada de pollos de engorda y el estiércol de pavo contienen aproximadamente un 60, 25 y 75 por ciento de agua, respectivamente. Cuando se compostan lechos de pollos de engorda, debe añadirse agua al material para conseguir un contenido de agua de al menos el 40 por ciento. La pérdida de nitrógeno durante el compostaje es un problema importante si el estiércol o la gallinaza no se mezclan con materiales ricos en carbono, ya que la gallinaza contiene aproximadamente un 3 por ciento de nitrógeno y el estiércol, un 4 por ciento. El estiércol de aves de corral puede ser compostado en pilas o en contenedores. La forma más sencilla de compostaje en recipientes es el compostaje en contenedores, que se adapta fácilmente a las explotaciones avícolas. Los silos pueden ser estructuras sencillas con suelo de listones de madera y techo, silos de grano convencionales o naves de almacenamiento a granel.

Mortalidad de Animales

El compostaje de la canal puede utilizarse para todo tipo de animales. El compostaje de canales se puede hacer en contenedores de patio trasero, en contenedores de compostaje con indicador, en contenedores abiertos temporales hechos con grandes pacas de heno o paja, y en hileras o pilas sobre una superficie pavimentada o bien drenada. Para el compostaje en contenedores de canales de aves de corral, se utiliza una proporción volumétrica de 2:1:1 de lecho de aves de corral, paja y aves muertas. Las capas de compostaje son el lecho, la paja, las aves muertas y el lecho del fondo del contenedor. Las canales de otros animales se pueden compostar en cubos utilizando capas de aserrín o paja picada y animales muertos. Se coloca aproximadamente 1,5 pies de paja o aserrín debajo del cadáver y 2 pies por encima del mismo. El proceso biológico del compostaje de cadáveres de animales es idéntico al del compostaje de cualquier otro material orgánico. Es necesario regular los parámetros de aire, agua, nutrientes, carbono y temperatura. El contenido de agua es un factor importante a tener en cuenta cuando se compostan animales muertos y debe mantenerse en torno al 40-50 por ciento. Un menor contenido de agua favorece la deshidratación,

lo que preserva la canal, mientras que un exceso de agua (más del 60 por ciento) provocará malos olores y puede causar escurrimientos en las pilas de compostaje. Los animales muertos se compostan en pilas estacionarias, que pueden voltearse una o dos veces durante el periodo de compostaje activo. A continuación, la pila se deja curar hasta que su temperatura interna se acerca a la temperatura ambiente.

Estiércol de Clases Menores de Ganado y Otros Residuos Orgánicos

El estiércol de ovejas, cabras, caballos, patos y otros animales también se puede compostar teniendo en cuenta sus características y los factores importantes (*Tabla I*) para un compostaje adecuado. Otros residuos orgánicos que se pueden compostar son los desechos de jardín, los recortes de hierba, el musgo de turba, las algas marinas, los residuos de frutas y hortalizas, los residuos del procesado de alimentos, la basura municipal, los lodos de depuradora, etc. A la hora de compostar cualquiera de estos materiales, hay que tener en cuenta factores como el aire, el contenido de agua, el tamaño de las partículas, la relación C:N, el pH y la temperatura (*Tabla I*). En la *Tabla V* se indican las características de algunos de estos materiales orgánicos. Para compostar una mezcla de hierba y hojas recogidas en los municipios, se pueden utilizar pilas de 15 pies de ancho, 300 pies de largo y 10 pies de alto. La pila se voltear según sea necesario, empezando por un lado y avanzando y retrocediendo con una volteadora mecánica. También se pueden utilizar hileras para compostar hierba y hojas.

Tabla V. Contenido en nitrógeno y agua y relación C:N de algunos residuos orgánicos.

| Residuos Orgánicos | Contenido de N | Contenido de agua | C:N |
|---|----------------|-------------------|---------|
| | % | | |
| Desechos de frutas | 0.9-2.6 | 62-88 | 20-49 |
| Desechos de vegetales | 2.5-4 | 30-85 | 11-13 |
| Desechos de matadero | 13-14 | 10-78 | 3-3.5 |
| Desechos de pescado | 6.5-14.2 | 50-80 | 2.6-5.0 |
| Residuos (mezcla de alimentos, papel, etc.) | 0.6-1.3 | 10-70 | 34-80 |
| Lodos de depuradora | 2-6.9 | 72-84 | 5-16 |
| Desechos de césped | 2.0-6.0 | 30-70 | 9-25 |

La fuente es *On Farm Composting*, por R. Rynk, M. van de Kamp, G.B. Wilson, M.E. Singley, T.L. Richard, J.J. Kollega, F.R. Gouin, L. Laliberty, Jr., D. Kay, D.W. Murphy, H.A. J. Hoitink, y W.F. Brinton, 1992, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, N.Y.

Manejo del Compostaje

Ajuste de la Relación C:N y del Contenido de Agua

La relación C:N es el peso del carbono (C) dividido por peso del nitrógeno (N) en el material de compostaje. Cuando se ajusta la relación C:N de una mezcla para el compostaje, hay que tener en cuenta la relación C:N de cada material añadido. Por ejemplo, el aserrín puede añadirse al estiércol para tener una relación C:N ($C:N_T$) de 25. Suponiendo que el estiércol es 40% de materia seca (DM_M), 1% N (N_M), y 15% C, lo que da una relación de radio C:N ($C:N_M$) de 15. Suponiendo que el aserrín tiene un 90% de materia seca (DM_A), un 0.5% de N (N_A), y un 50% C, lo que da una relación C:N ($C:N_A$) de 100. Calcular la cantidad de aserrín a añadir (Q_A) por cada tonelada de estiércol de la siguiente manera.

$$Q_A = \frac{2000 \text{ lb} \times N_M \times (C:N_T - C:N_M) \times DM_M}{N_A \times (C:N_A - C:N_T) \times DM_A}$$

$$Q_A \text{ (lb de serrín por tonelada de estiércol)} = \frac{2000 \text{ lb} \times 0.01 \times (25 - 15) \times 0.40}{0.005 \times (100 - 25) \times 0.90} = \frac{800}{3.375} = 237 \text{ lb}$$

El contenido de materia seca de la mezcla (DM_{Mix}) es el peso de la materia seca de los componentes dividido por el peso de la mezcla.

$$DM_{Mix} (\%) = \frac{(2000 \times DM_M) + (Q_A \times DM_A)}{(2000 + Q_A)} = \frac{(2000 \times 0.40) + (237 \times 0.90)}{(2000 + 237)} = 45\% \text{ materia seca.}$$

Volteo

El material de compostaje debe voltearse siempre que su temperatura supere los 145°F para evitar el sobrecalentamiento, que mata a los organismos de compostaje. Una temperatura inferior a 104°F puede indicar falta de oxígeno adecuado y la necesidad de voltearlo. Si la temperatura no sube por encima de 104°F después de voltearlo, el compostaje no debe voltearse más y debe dejarse por lo menos un mes de curado para completar el proceso de compostaje. Si el material de compostaje está seco (el contenido de agua es inferior al 40%), añada agua para activar el proceso de compostaje. En algunos casos, un contenido de agua inferior al 40 por ciento puede provocar un sobrecalentamiento y la necesidad de regar. Si no es posible añadir agua, regule la temperatura girando el compostaje. El periodo de compostaje puede alargarse si el contenido de agua no se mantiene a un nivel adecuado.

Aplicación del Compostaje al Suelo

El material compostado es un material inodoro, de textura fina y baja humedad que puede utilizarse en jardines, macetas y viveros, o utilizarse como fertilizante en tierras de cultivo con poco olor o potencial de cría de moscas. El compostaje puede ser una excelente fuente de materia orgánica, nitrógeno y otros nutrientes. Debe enviarse una muestra representativa a un laboratorio de análisis de suelos agrícolas para determinar el contenido de nutrientes. El compostado debe tener valores muy bajos de amonio o nitrato, por lo que el nitrógeno orgánico será la única fuente de nitrógeno disponible. Utilice un factor de disponibilidad de 0,15 o menos para determinar la disponibilidad de nitrógeno el primer año tras la aplicación. La disponibilidad de fósforo, potasio y micronutrientes del compostaje debería ser similar o superior a la del estiércol u otros residuos orgánicos utilizados para el compostaje. Dado que el compostaje es de textura fina y contiene menos agua que la materia prima, puede aplicarse de forma más uniforme y con mejor control. Además, el material compostado puede almacenarse y aplicarse cuando convenga. Las semillas de malas hierbas o los patógenos que pueden crear problemas con la aplicación de estiércol u otros residuos orgánicos no deberían ser una preocupación cuando se utiliza compostaje elaborado adecuadamente.

Retos y Opciones

A la hora de compostar un residuo orgánico, hay que tener en cuenta las ventajas, los inconvenientes y la viabili-

dad del proceso de compostaje. El compostaje tiene ventajas e inconvenientes, y los productores deben decidir si es una buena opción para su explotación. Entre las ventajas del compostaje se incluyen la eliminación de patógenos, larvas de mosca y semillas de malas hierbas, y la mejora de las características de manipulación del estiércol y otros residuos al reducir su volumen y peso. La mayoría del estiércol y otros residuos orgánicos suelen tener un alto contenido en nitrógeno y, por tanto, sufren pérdidas de nitrógeno durante el compostaje. La destrucción de semillas de malas hierbas, aunque teóricamente posible, debe evaluarse en condiciones de campo. El estiércol y otros residuos pueden contener cantidades significativas de agua, por lo que es necesario deshidratarlos o incluir agentes de carga con alto contenido en carbono para un compostaje adecuado. Otras consideraciones a tener en cuenta para el compostaje son disponer de suficiente superficie de terreno, los olores del compostaje, las consideraciones económicas y las consecuencias medioambientales. Para que el compostaje tenga éxito, es necesario desarrollar un mercado para el material compostado. Por ejemplo, el estiércol recogido de un cebadero de ganado vacuno en el centro de Nebraska se convierte en compostaje y se vende a los agricultores cercanos, generando un beneficio con el estiércol. El compostaje puede ser una buena opción en varias situaciones y puede hacer que los residuos generados sean más deseables para los productores de cultivos, frutas u hortalizas.

Reconocimiento

Los autores reconocen a Bahman Eghball, quien fue profesor adjunto de agronomía, como autor original de NebGuide.

Esta publicación ha sido revisada por expertos.

Las publicaciones de la Extensión de UNL están disponibles en línea en <http://extension.unl.edu/publications>.

Índice: Manejo de Residuos Sistemas de Residuos Ganaderos

1997-2006, Revisado en junio 2012

La Extensión es una División del Instituto de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de Nebraska-Lincoln cooperando con los Condados y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Los programas educativos de Extensión de la Universidad de Nebraska-Lincoln cumplen con las políticas de no discriminación de la Universidad de Nebraska-Lincoln y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

© 1997-2006, 2012, La Junta de Regentes de la Universidad de Nebraska en nombre de la Extensión de la Universidad de Nebraska-Lincoln. Todos los derechos reservados.