

Compost a partir de pulpa de limón y cachaza

Pablo F. Albornoz *, Marcos Ramirez **, Hugo Rojas Quinteros ***,
Julieta Migliavacca **** y Eugenio A. Quaia *****

Introducción

La provincia de Tucumán es la primera productora de limón a nivel nacional, habiendo llegado a producir 936.000 t en el año 2010 (Paredes *et al.*, 2011).

En Tucumán se localizan varias plantas industrializadoras de limón con diferentes capacidades de producción, las cuales generan un importante volumen de efluente líquido y residuos semisólidos. Una de ellas, Citrusvil S.A., trabaja bajo la política **Efluente Cero**, que consiste en el tratamiento interno del 100% del efluente generado para evitar su vuelco a la cuenca del río Salí.

En el año 2009, Citrusvil proyectó realizar una experiencia con la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) para generar compost a partir de sus residuos sólidos orgánicos adicionados con cachaza, proveniente de un ingenio azucarero vecino Compañía Azucarera Concepción S.A. (C.A.C.S.A.).

El compostaje es un proceso biológico por el cual los microorganismos utilizan el material orgánico como fuente de alimentación en presencia de aire (proceso aeróbico), obteniéndose como producto un material estable y uniforme con características beneficiosas para aplicar en suelos. El proceso requiere la presencia de bacterias y hongos cuyo desarrollo depende de las condiciones de temperatura, humedad, nutrientes, pH y concentración de oxígeno.

Una pila de compost eleva su temperatura rápidamente debido al calor generado por la actividad biológica. Es común que en pocos días se alcancen temperaturas aproximadas a 66°C.

Sin embargo, el compostaje no debe considerarse como un simple sistema de tratamiento de resi-

duos orgánicos, que los estabiliza reduciendo su peso, volumen y, en muchos casos, humedad. Lo más correcto es ver en el proceso de compostaje un método de revalorización de algunos materiales residuales, ya que el producto final puede utilizarse como enmienda o abono orgánico, o como sustrato para el crecimiento vegetal.

Las etapas del proceso de compostaje se describen a continuación:

- **Preparación:** se acondicionan y mezclan los materiales para regular su humedad, eliminando los elementos inertes y ajustando los nutrientes para lograr una relación adecuada de carbono y nitrógeno (C/N).

- **Descomposición mesófila:** hasta una temperatura de 45°C, se produce una degradación de azúcares y aminoácidos por la acción de un grupo de bacterias específicas.

- **Descomposición termófila:** entre 45°C y 60°C, hongos del grupo de los actinomicetos degradan ceras, polímeros y hemicelulosa.

- **Descomposición mesófila de enfriamiento:** a temperaturas inferiores a 45°C, las bacterias y hongos degradan celulosa y lignina.

- **Maduración:** se estabiliza el humus a temperatura ambiente, desciende el consumo de oxígeno y desaparece la fitotoxicidad (Álvarez de la Puente, 2006).

Las variables más importantes que afectan al sistema de compostaje pueden ser clasificadas en dos tipos: parámetros de seguimiento (aquellos que son medidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos

*Ing. Industrial, *****Ing. Qco., Ingeniería y Proyectos, EEAOC; **Pasante Estudiantil, Citrusvil; ***Lic. Qco., Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC; ****Ing. Industrial, Citrusvil.

para cada fase del proceso; por ejemplo, temperatura, humedad y pH) y parámetros relativos a la naturaleza del sustrato (aquellos que deben ser medidos y adecuados al inicio del proceso, tales como la relación C/N, materia orgánica y conductividad eléctrica).

Dentro de los parámetros de seguimiento, la influencia de la temperatura es importante, debido a que los microorganismos generan calor al entrar en actividad. Esta variable gobierna las tres fases de descomposición aeróbica descritas anteriormente.

En la Figura 1, Álvarez de la Puente (2006) muestra la evolución que presenta la temperatura a través de las diferentes etapas de un proceso ideal de compostaje.

La humedad ideal se sitúa en el orden del 40% al 60%, para favorecer la biodegradación, mientras se mantiene una buena aireación. Humedades superiores a 60% producen un desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica, con lo que el medio se vuelve anaerobio, favoreciendo los metabolismos fermentativos y las respiraciones anaeróbicas.

Con humedades inferiores a 40%, desciende la actividad biológica y el proceso se vuelve lento.

Otro de los parámetros importantes de seguimiento es el rango de pH tolerado por las bacterias, el cual, en general, es relativamente amplio. Valores de pH ligeramente ácidos o ligeramente alcalinos (pH 6,5-7,5), aseguran el desarrollo de la gran mayoría de los microorganismos. Valores de pH inferiores a 5,5 inhiben el crecimiento de la gran mayoría de ellos, al igual que valores superiores a pH 8 (Sztern y Pravia, 1999).

El oxígeno es necesario para obtener un buen compost y evitar problemas de olores. La concentración de oxígeno varía dependiendo del material, textu-

ra y humedad. Para favorecer el contacto con el oxígeno, las pilas deben airearse mecánicamente usando maquinarias adecuadas, como puede observarse en la Figura 2.

En la Figura 3 se presenta un esquema que resume los elementos que interactúan en una pila de compostaje y los productos que genera este proceso.

Los parámetros relativos a la naturaleza del sustrato, como la relación C/N, expresan las unidades de carbono por unidades de nitrógeno que contiene un material (Casco Moreno y Moral Herrero, 2008). El carbono es una fuente de energía de los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica; una relación adecuada entre estos dos nutrientes favorecerá el buen crecimiento y reproducción de los microorganismos de la biomasa (Kima, 2002). Durante el desarrollo de las diferentes etapas del proceso, esta relación sufre modificaciones induci-



Figura 2. Proceso de aireación de las pilas.

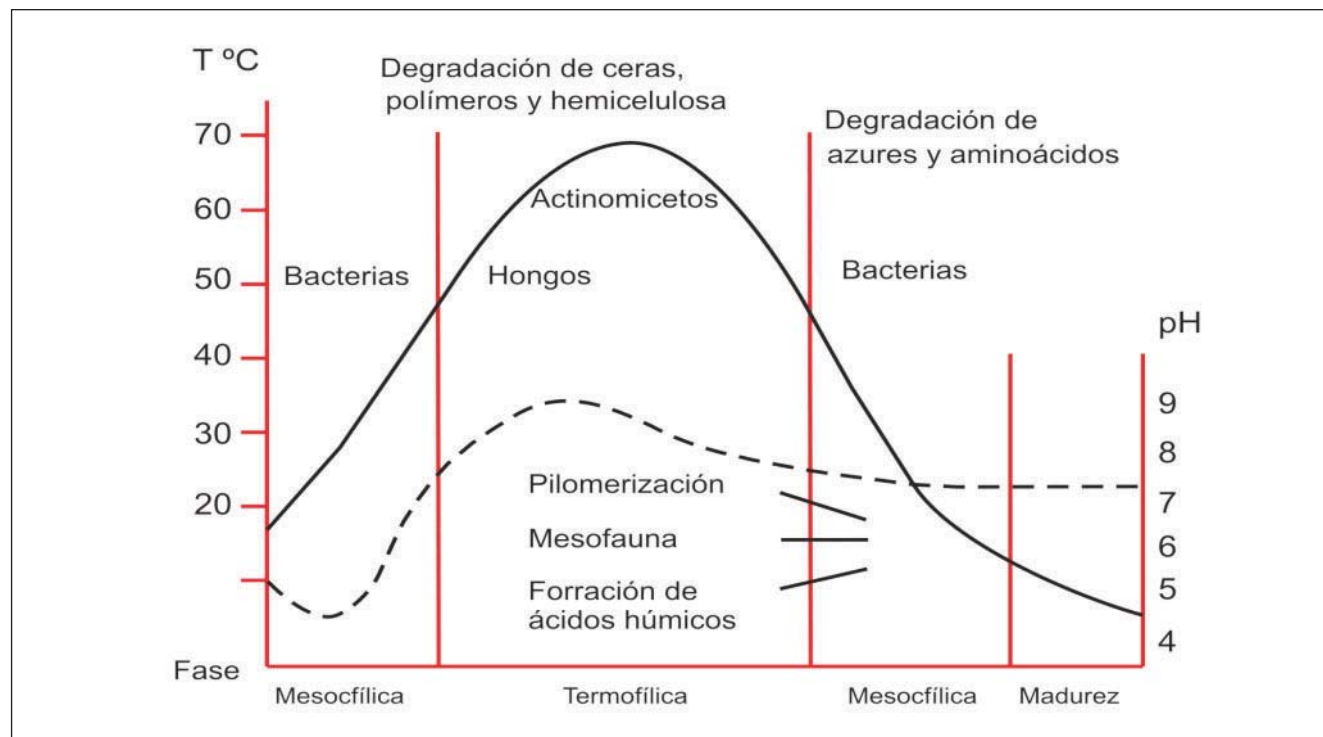


Figura 1. Evolución de la temperatura en el proceso ideal de compostaje.

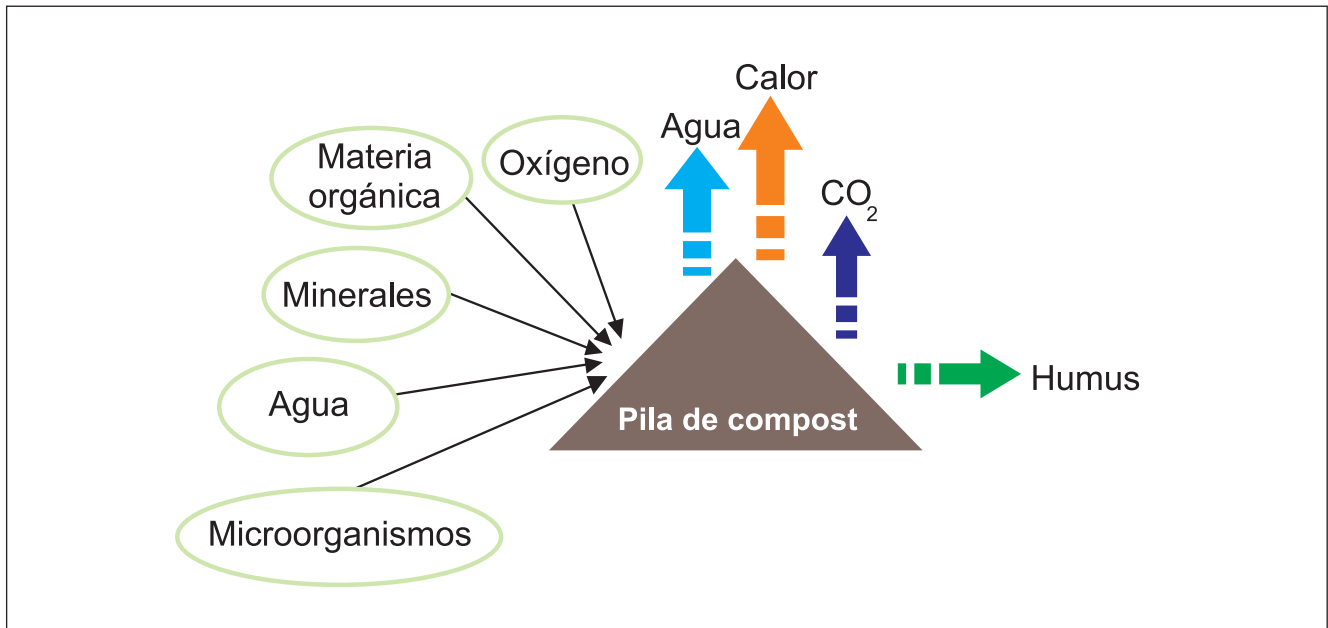


Figura 3. Esquema del proceso de compostaje.

das por el metabolismo microbiano. En la Figura 4, Casco Moreno y Moral Herrero (2008) muestran la evolución de la relación C/N en los diferentes momentos del proceso.

El objetivo del trabajo fue conseguir un producto final (compost) que pueda ser aplicado en un suelo donde sea posible mejorar la infiltración, reducir la erosión y favorecer un control natural de plagas, aportando a la vez nutrientes para el sustrato de las plantas.

Descripción de las experiencias

Se realizaron análisis químicos (carbono total, materia orgánica total, nitrógeno, relación C/N; fósforo total y potasio) de cada componente a mezclar, con el fin de determinar su composición y conformar las mezclas, designadas internamente como K, H y P, para los ensayos del proceso de compostaje. Los resultados de los análisis se detallan en la Tabla 1.

- **Mezcla K:** se formuló con 50% de cachaza e

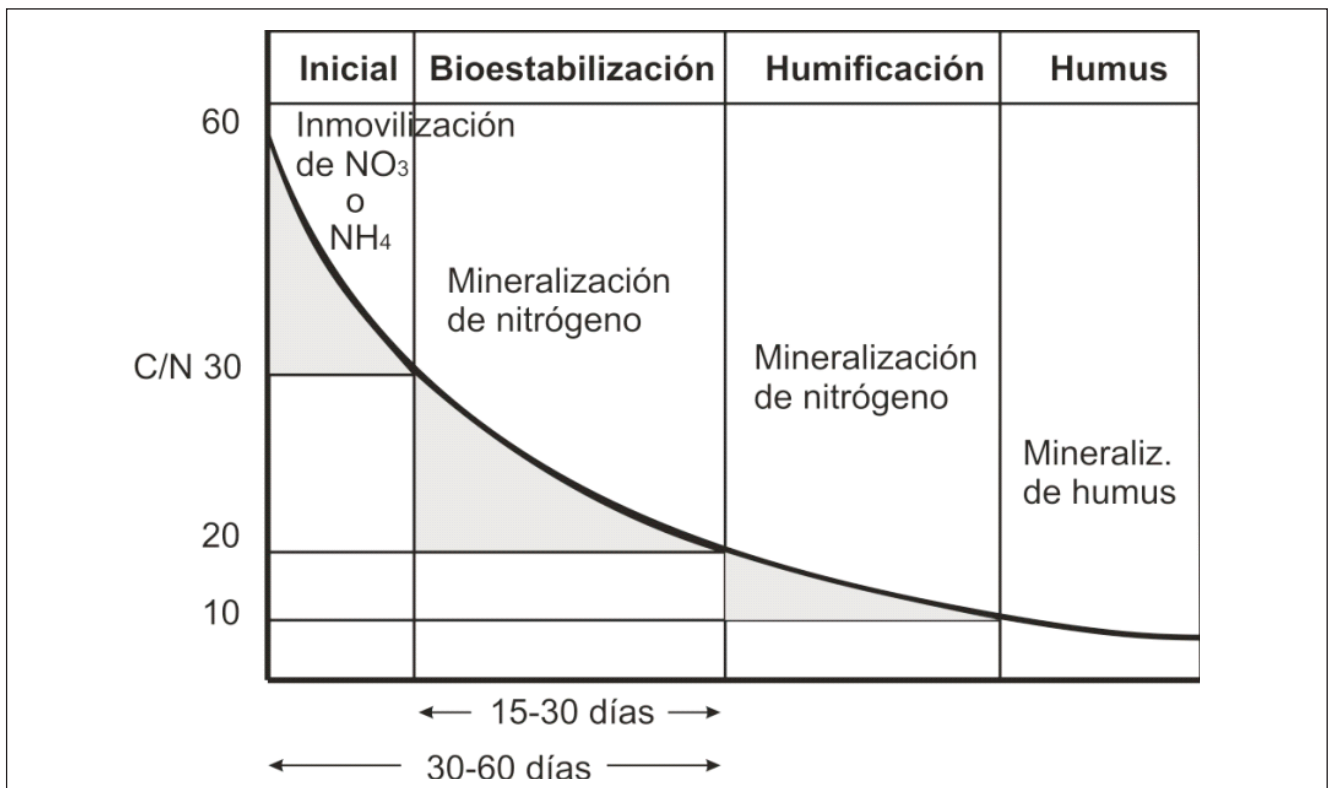


Figura 4. Evolución de la relación C/N durante el proceso del compostaje.

Tabla 1. Resultados de análisis físico-químico de cada componente de la mezcla (pilas K, H y P).

Muestras	Pulpa	Cachaza
Carbono orgánico total [%] (calcinación)	49,9	37,3
Materia orgánica total [%] (calcinación)	86,1	64,5
Nitrógeno [%] (Kjeldhal)	0,9	1,4
C/N	55,4	26,6
Fósforo total [%] (colorimetría, ácido ascórbico)	0,1	1,0
Potasio total [%] (fotometría de llama)	0,5	0,5

igual proporción de pulpa.

- **Mezcla H:** se conformó con 25% de pulpa, 25% de limones más restos de poda y 50% de cachaza.

- **Mezcla P:** se compuso de un 100% de pulpa.

Confeccionadas las pilas, se planificó su monitoreo, el cual consistió en registros diarios de temperatura (Figura 5) y semanales de humedad. En función de los valores medidos de humedad y temperatura, las pilas fueron aireadas para favorecer la actividad microbiana.

Técnicos de la EEAOC se encargaron de extraer muestras de cada pila cada quince días, para realizar análisis físico-químicos y controlar la evolución del compostaje.

Resultados

El tiempo de compostaje de las tres pilas fue diferente. La pila K llegó a su maduración al cabo de doce semanas, mientras que la pila H lo hizo a las quince semanas. La pila P no alcanzó la temperatura óptima, ya que se mantuvo por debajo de los 45°C. El comportamiento de la temperatura en función del tiempo para cada pila puede observarse en la Figura 5.

En un ensayo individual realizado previamente por la empresa Citrusvil S.A., se conformó una pila, nombrada como D, constituida por sus residuos orgánicos. Los resultados observados en las pilas K y H fueron superiores a los de la D. En la Tabla 2 se muestran los valores alcanzados por estas.

Consideraciones finales

Se concluye, en función de los resultados del ensayo, que el agregado de cachaza actúa como mejorador del proceso de compostaje de la pulpa.

El producto obtenido puede ser utilizado como fertilizante, mejorando la estructura del suelo y ayudando a reducir su erosión y la absorción de agua.

El proceso de compostaje también puede ser considerado como una alternativa viable para el tratamiento de residuos orgánicos industriales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Sección Suelos y Nutrición Vegetal de la EEAOC por los análisis qui-

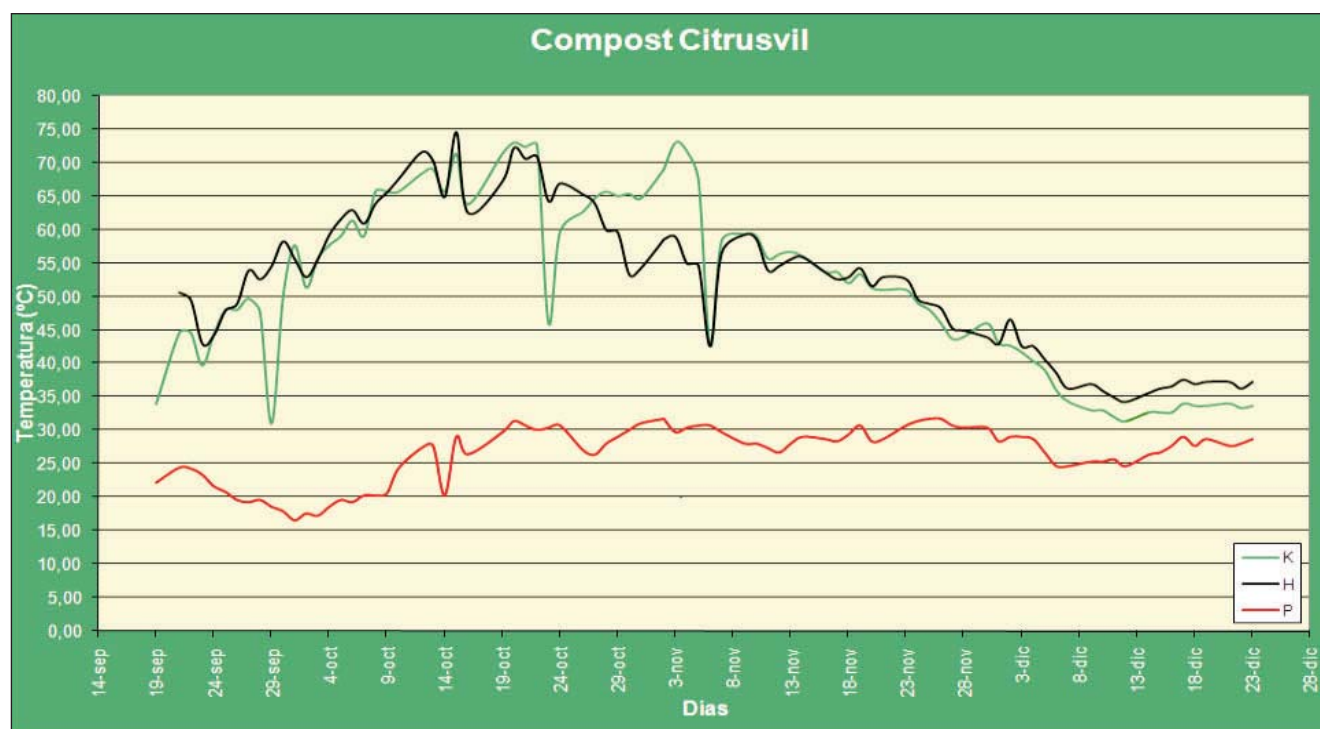


Figura 5. Evolución de la temperatura en función del tiempo en las pilas K, H y P.

Tabla 2. Resultados comparativos entre las pilas K y H con respecto a prácticas anteriores correspondientes a D.

Determinaciones	Muestras		
	K	H	D
pH	7,1	7,6	7,7
Conductividad (mS/cm)	9,3	9,8	21,7
Materia orgánica total (g/100g)	22,6	24,6	12,8
Carbono orgánico	12,6	13,7	7,1
Nitrógeno (gN/100g)	1,1	1,2	0,8
C/N	11,1	11	9,4

micos realizados, y a la firma, Compañía Azucarera Concepción S. A., (C.A.C.S.A.) por haber facilitado cachaza como materia prima para los ensayos.

Bibliografía citada

Álvarez de la Puente, J. 2006. Manual de compostaje para agricultura ecológica. [En línea]. 6:7. Disponible en www.agroecologia.net/recursos

/asesoramiento/recursos-ja/compostaje/compostaje.pdf (consultado 8 marzo 2010).

Casco Moreno, J. y R. Moral Herrero. 2008. Compostaje. Ediciones Mundi Presa, Madrid, Barcelona.

Kima, B. 2002. Estudio sobre el compost en la CAPV: calidad y posibilidades de uso. [En línea]. 8:14. Disponible en www.ekologistakmartxan.org/uploads/media/Proyecto_Compost_KB_02.doc (consultado 24 junio 2010).

Paredes, V; D. Pérez; G. Rodríguez; H. Salas y D. Figueroa. 2011. Producción y exportación tucumana de limón en el año 2010. Comparación de los gastos de una plantación de limón entre las campañas 2009/2010 - 2010/2011. Boletín 54: 2. [En línea]. Disponible en www.eeaoc.org.ar/noticias/boletin.asp?id=74 (consultado 7 julio 2011).

Sztern, D. y M. A. Pravia. 1999. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. [En línea]. 21:26. Disponible en www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf (consultado 21 junio 2010).

The image shows a screenshot of the EEAOC website. At the top left is the logo for 'ESTACION EXPERIMENTAL AGROINDUSTRIAL OBISPO COLOMBRES Tucumán | Argentina'. To the right are logos for 'TUCUMÁN', 'UNIVERSIDAD NACIONAL COMIST', and 'Clima TIEMPO REAL'. Below these is a navigation menu with links: 'Correo interno', 'Qué es la EEAOC', 'Productos', 'Servicios', 'Publicaciones', and 'Contacto'. The main banner features the EEAOC logo and the slogan 'Calidad. Seguridad. Sustentabilidad agroalimentaria.' Below the banner is a 'Destacados' section with a featured article 'Prezafra 2012'. There are two columns: 'Campañas' with links to 'Prezafra 2012', 'Roya de la soja 2012', and 'Huanglongbing'; and 'Noticias' with links to 'Agroindustriales', 'Científicas', and 'Institucionales'. At the bottom, there is a horizontal menu with categories: 'Caña de azúcar', 'Citrus', 'Granos', 'Frutas y Hortalizas', and 'Agroindustria'. Below this is a search bar with the text '¿Qué busco aquí?' and a search icon.

www.eeaoc.org.ar