

Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras

Technical evaluation of two methods for composting of organic wastes to be used in domestic vegetables gardens

Rooel Campos-Rodríguez¹, Laura Brenes-Peralta²,
María Fernanda Jiménez-Morales³

Fecha de recepción: 19 de febrero 2016
Fecha de aprobación: 3 de mayo de 2016

Campos-Rodríguez, R; Brenes-Peralta, L; Jiménez-Morales, M. Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología en Marcha*. Encuentro de Investigación y Extensión 2016. Pág 25-32.

DOI: 10.18845/tm.v29i8.2982



1. Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo, docente e investigador de la Escuela de Agronegocios. Coordinador de la Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: rocampos@itcr.ac.cr
2. Ingeniera Agropecuaria Administrativa y máster en Gerencia Ambiental. Profesora Investigadora. Escuela de Agronegocios. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: labrenes@tec.ac.cr
3. Profesora Investigadora. Ingeniera Agropecuaria Administrativa y máster en Sistemas Modernos de Manufactura. Escuela de Agronegocios. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: maria.jimenez@tec.ac.cr

Palabras clave

Compostaje; residuos biodegradables; agricultura familiar; huertas caseras; microorganismos de montaña; método Takakura.

Resumen

La necesidad de plantear soluciones para apoyar la gestión integral de los residuos sólidos biodegradables ha llevado a proponer métodos de tratamiento como el compostaje, el cual consiste en la transformación de residuos sólidos por medios biológicos, bajo condiciones controladas, en productos como abono, sustrato o enmiendas para la agricultura. Por esto, se evaluó técnicamente dos métodos de compostaje de residuos sólidos biodegradables con miras a utilizar el abono resultante en huertas caseras: el primero, basado en la utilización de un sustrato degradador inoculado con microorganismos de montaña, y el segundo, inoculado mediante el procedimiento Takakura, denominados MM y TK en adelante.

En ambos sustratos se agregaron residuos sólidos biodegradables recolectados en comedores y sodas del Tecnológico de Costa Rica (TEC), cuya composición es similar a los residuos domiciliarios, y se analizaron las variables de temperatura, altura y pH del proceso de compostaje. Además se hicieron pruebas sensoriales del proceso y el producto resultante, y un análisis microbiológico del abono obtenido.

Ambos procesos presentaron comportamientos adecuados para la degradación de los residuos sólidos, con temperaturas superiores a 50 °C, una evolución de pH adecuada para este tipo de compostaje y una reducción en altura del volumen del material de compost. Además, no se observaron lixiviados ni se percibieron olores desagradables ni la presencia de insectos en los sitios de procesamiento. Si bien, por ambos métodos se obtuvo un abono inocuo y con características apropiadas para ser utilizado en huertas caseras, se identificaron diferencias significativas entre los procesos en cuanto a las variables temperatura y altura, no así en cuanto al pH; el compostaje con el método TK alcanzó una mayor temperatura y el volumen disminuyó más que con el MM, por lo que fue más eficiente en la reducción del residuo.

Keywords

Composting; organic waste; family farming; home vegetable gardens; mountain microorganisms; Takakura method.

Abstract

The need to achieve organic waste management solutions has led to treatment options of waste like composting. This practice is defined as the transformation of organic wastes by biological means in controlled conditions; the result is a fertilizer or substrate which can be used in agriculture. In this investigation, a technical evaluation of two composting methods to be applied in home vegetable gardens was carried out. The first method for degrading of residues evaluated consists in the addition of organic wastes to a substrate of Mountain Microorganisms; the second one consists in the addition of organic wastes to a Takakura substrate, pointed as MM and TK from now on. Organic remains were collected at institutional restaurants in Tecnológico de Costa Rica (TEC); being similar wastes to domestic ones. Three technical variables were measured all throughout the composting process: temperature, height and pH. Other observations like odor and presence of insects in the process and the final product were done, as well as a microbiological analysis of the compost.

By both methods, an adequate degrading process of organic wastes was possible, with temperatures over 50 °C, a correct pH evolution corresponding to a composting process and a reduction in the height of wastes. There were no lixiviates, disgusting odors or insects in the composting sites either. Both methods represent efficient organic waste treatments, which offer safe and appropriate compost for home vegetables gardening; nevertheless, there were significant differences between composting through TK and composting through MM in temperature and height, but not in pH. The TK composting method was more efficient in the reduction of the height of the wastes, since it reached higher temperatures, and showed a higher decrease in height than MM.

Introducción

Estudios generales efectuados en Costa Rica reportan que el 55% de los desechos son de tipo orgánico (Jica, 2014). Estudios más puntuales indican que la generación de residuos sólidos biodegradables es de alrededor del 44 al 52%, dependiendo del estrato social o zona del país (Campos & Soto, 2014), por lo que encontrar opciones sostenibles para un manejo integral es de suma importancia para reducir el impacto ambiental negativo que la ausencia de tratamiento ocasiona, así como por el potencial de su uso como sustrato, enmienda o fertilizante en actividades agrícolas tras su compostaje.

El resultado del compostaje es el compost, el cual se genera producto de la transformación biológica y controlada de los materiales orgánicos (Borrero, Pacheco, Arias & Campos, 2015). Sus características están determinadas por el tipo de material que se aporte y la tecnología y duración del proceso; es de buena calidad si el producto final es relativamente homogéneo, de color oscuro y olor a tierra de bosque (Soliva, 2011). El compostaje comprende cuatro fases: una *mesófila*, donde el material aumenta su temperatura a rangos de 20 a 35 °C; una *termófila*, donde aumenta de 35 a 65 °C y se digieren las moléculas complejas, por lo que facilita la eliminación de microorganismos patógenos; una fase de enfriamiento, y finalmente una de maduración (Bueno, 2010; Moreno & Moral, 2008). Para la degradación de los residuos sólidos biodegradables se pueden utilizar sustratos, que son materiales donde viven y crecen organismos sedentarios (FAO, 2013).

El compost resultante puede ser utilizado como sustrato para el crecimiento de plantas, pues estos abonos de tipo orgánico mejoran las características físicas del suelo, su fertilidad y la productividad de los cultivos (Ingelmo & Rubio, 2008). Para su aplicación en huertas caseras, es necesario capacitar a las personas que se encarguen de su cuidado, de forma tal que renueven conocimientos, desarrollen actitudes y modifiquen comportamientos, en dirección a acciones positivas para el medio ambiente (Campos & Camacho, 2014).

Para lograr el éxito en una práctica de este tipo, entre otras cosas, debería partirse de un compostaje procedente de un proceso de elaboración controlado, es decir, un producto con características físico-químicas y microbiológicas adecuadas para el cultivo (Woods End Research Lab, 2001, citado por Masaguer & Benito, 2008).

Existen diversos tipos de compostaje, entre ellos, el producido por la adición de sustratos con microorganismos de montaña (muy utilizado en América Latina) y el producido por el método Takakura, promovido por el Sr. Koji Takakura, investigador del IGES, (Instituto para las Estrategias Globales Ambientales) en Indonesia (Borrero, 2014). Este tipo de compostaje propicia una diversidad de poblaciones de elevada cantidad de microorganismos, además de aumentar los procesos de degradación de los residuos sólidos. Investigaciones realizadas por (Borrero, Pacheco, Arias & Campos, 2015) demuestran que la presencia de microorganismos

degradadores se relaciona con el tipo de sustrato y con condiciones ambientales como la temperatura y el pH.

Metodología

Los sustratos utilizados para el compostaje fueron inoculados con microorganismos de montaña (MM) y con sustrato tipo Takakura (TK) por separado. En ambos casos, los sustratos eran mezclas de granza de arroz y carbón. El MM se obtuvo por medio de la preparación de una mezcla con mantillo de bosque, semolina, granza de arroz, melaza y agua; el inóculo de microorganismos TK, por medio de la preparación, con cinco días de antelación, de dos soluciones fermentativas, una dulce (agua + azúcar de mesa + yogurt + leche agria + queso + kefir + cerveza + levadura) y una salada (agua + sal de mesa y cáscaras de frutas y hortalizas de hoja).

El diseño experimental fue completamente aleatorio, y consistió en dos bloques aleatorios, cada uno de diez repeticiones. Las unidades experimentales eran cajas plásticas caladas, de 50 x 30 x 25 centímetros, paredes internas y base de cartón. En cada caja se colocaron 5 kilogramos de la mezcla del sustrato inoculado con MM, para el bloque 1, y 5 kilogramos del sustrato inoculado con TK, para el bloque 2. Se les adicionaron 1,5 kilogramos de residuos por día, durante 16 días hábiles. Para esto, se recolectaron residuos orgánicos provenientes de las sodas del Tecnológico de Costa Rica. Los residuos se picaron hasta lograr tamaños aproximados de 3 x 3 centímetros; luego se incorporaron a cada caja, se mezclaron y taparon hasta el día siguiente, para una nueva aplicación.

Se estudiaron las variables de temperatura (°C), medida con un termómetro de espiga; pH (escala de pH de 1 a 14), medido con un ph-metro electrónico marca Atago modelo pHTestr 30, y la altura (cm). Además se realizaron observaciones sensoriales generales, como presencia de insectos, roedores, olores o lixiviados. La temperatura y la altura se midieron diariamente, y el pH una vez cada ocho días.

Los datos se analizaron con el programa estadístico Minitab 17, con pruebas de ANOVA unidireccional y pruebas de Tukey, todas basadas en el valor p de 0,05, para determinar las diferencias entre los dos tipos de tratamiento.

Finalmente, el compost obtenido según cada método se analizó en el Laboratorio de Suelos y en el Laboratorio del Servicio de Fitoprotección, ambos del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología (INTA), para conocer su composición química y condiciones microbiológicas.

Resultados y discusión

Análisis de variables físico-químicas

Respecto a la temperatura en el proceso de compostaje, se registraron datos iniciales entre los 25 °C y 30 °C en el TK y los 20 y 22 °C en el MM. Al agregar los residuos sólidos orgánicos a las cajas de compostaje, en las dos aumentó la temperatura hasta obtener mediciones cercanas a los 40 °C, lo que demostró una relación entre el aumento de la temperatura y la adición de los residuos. En la evolución de la temperatura, tanto en el aumento como en el descenso, las pruebas estadísticas indicaron que hay diferencias significativas entre los dos tipos de tratamiento, con un valor de $p = 0,0002$.

Al comparar los aumentos de esta variable, el TK obtuvo el valor máximo (55 °C) en 4 días, mientras que el MM obtuvo su valor más alto, de 53 °C, a los 6 días, lo que demuestra una ventaja del TK sobre el MM, en términos de temperatura (figura 1).

Se puede observar que los valores anteriores corresponden a temperaturas ideales para iniciar el proceso de compostaje adecuado. Esto a su vez comprueba que las temperaturas máximas en los dos tratamientos no sobrepasaron valores que pudieran afectar otros factores propios de un buen compostaje como la biodegradación de los residuos incorporados (Borrero, 2014) y la posible relación carbono-nitrógeno, oxígeno y humedad.

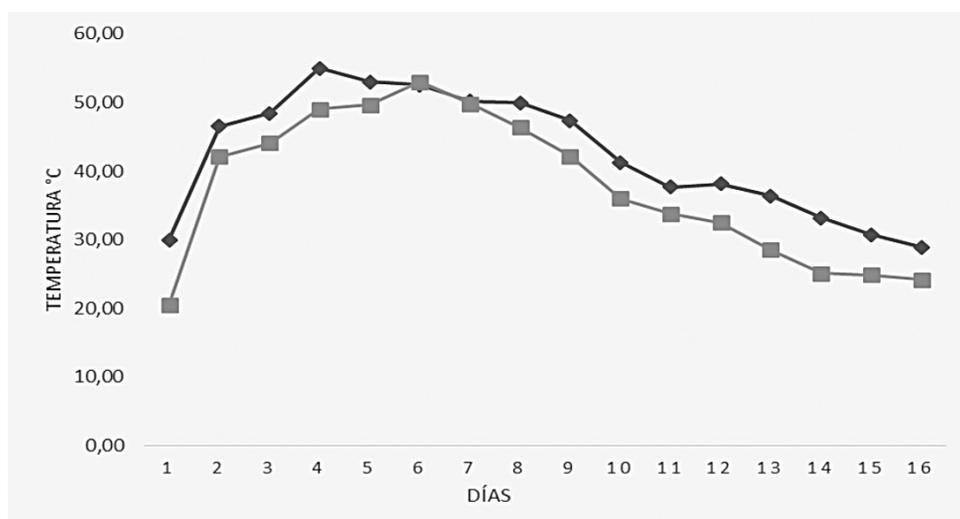


Figura 1. Evolución de la temperatura

El pH tiene una influencia directa en el compostaje; esto se puede observar en la dinámica de los procesos microbiológicos, donde las reacciones anaeróbicas liberan ácidos orgánicos que provocan la reducción de esta variable (Morero y Moral, 2008).

Según los mismos autores (2008), la evolución del pH en el compostaje se da en tres fases. En la inicial se observa una disminución del pH debida a la acción de los microorganismos en la materia orgánica más delicada, lo cual produce una liberación de ácidos orgánicos. En la segunda fase se produce una alcalinización progresiva del medio, debido a la pérdida de ácidos orgánicos y a la liberación de amoníaco procedente de la descomposición de proteínas, y en la tercera, el pH tiende a la neutralidad por la formación de compuestos orgánicos del suelo. Si durante el proceso de compostaje el pH es bajo, se inhibe la degradación orgánica, pero si el pH se mantiene por encima de 7,5 o cercano a este valor, se puede decir que hay suficiente descomposición.

En los casos estudiados, tanto el compostaje con TK como el compostaje con MM se mantuvieron muy constantes en cuanto a sus valores de pH en las tres fases descritas anteriormente. En los primeros 10 días, se registró un pH entre 4 y 6. Durante la segunda fase, en ambas cajas el pH medido varió entre 7,05 y 9,20; lo que demostró que estos aumentos se produjeron de manera progresiva durante la elaboración del compostaje. En la tercera fase, donde se suspendió la aplicación de residuos sólidos orgánicos, se registró un pH de 7,01, como valor mínimo, y 7,51, como valor máximo (figura 2.). Lo anterior, cotejado con la literatura, indicó que el proceso de descomposición fue el adecuado.

En terminos de la variable altura, se observó que después de la última adición, hubo una reducción importante de la altura en las cajas, en los dos tipos de tratamiento, y al realizar las pruebas estadísticas, se demostró que hubo diferencias significativas entre ellos, indicadas por el valor de $p = 0,0001$.

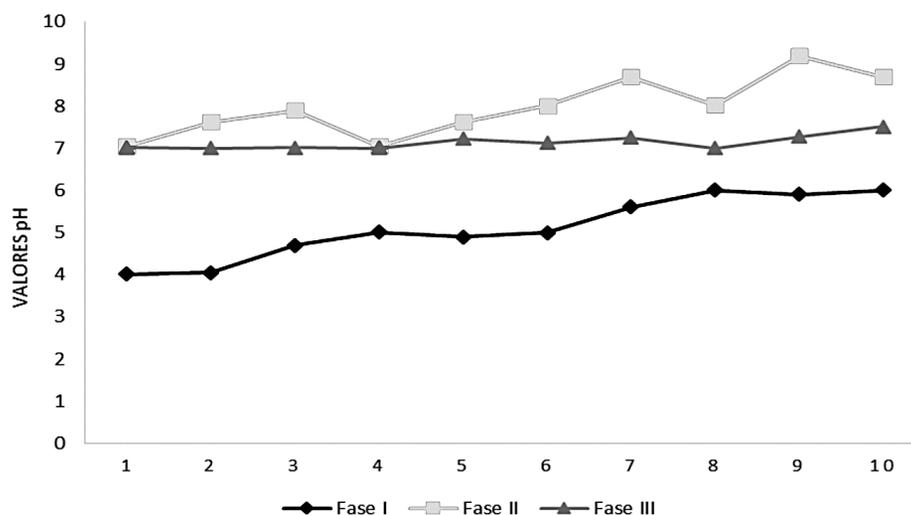


Figura 2. Comparación del pH.

El compostaje con TK presentó la mayor reducción, con un promedio total de 7,5 centímetros menos, mientras que el compostaje con MM, una reducción promedio de 2,5 cm. Estos resultados coinciden con estudios de Borrero *et.ál* (2015), donde el TK redujo hasta un 36% el volumen del medio, y el MM lo redujo hasta un 24%.

Análisis sensoriales

Tanto con el tratamiento MM como con el TK se lograron condiciones idóneas para su aceptación; entre ellas, se notó que su olor durante el proceso fue agradable, y al final, semejante al de tierra mojada, recomendado según la literatura (Morero & Moral, 2008). No hubo presencia de insectos ni generación de lixiviados. La humedad fue la adecuada, cercana al 37%, lo que permitió un buen manejo del material obtenido. La consistencia del material en ambas formas de compostaje facilitó la incorporación de nuevos residuos sólidos orgánicos durante la etapa de adición, permitiendo que el proceso de compostaje se diera sin alteración de sus factores.

Análisis microbiológico

El compost obtenido por el método MM resultó bajo en hongos, con una tendencia media en bacterias y alto en actinomicetes. Se detectó el crecimiento de hongos *Fusarium sp.* y *Fusarium oxysporum*, y de la bacteria *Erwinia sp.* Se determinó que no hubo crecimiento de bacterias patógenas, como las *Pseudomonas sp.* (grupo fluorescente), las *Xanthomonas sp.* y la *Ralstonia solanacearum*, pero sí abundantes nematodos de vida libre. Respecto al compost TK, se observó un nivel medio en hongos, y bajo en bacterias y en actinomicetes, y un crecimiento del hongo *Mortierella sp.* (hongo poscosecha habitual) y de la bacteria *Erwinia sp.*, así como abundantes nematodos de vida libre; por otro lado, se observó una disminución de bacterias patógenas, como las *Pseudomonas sp.* (grupo fluorescente), las *Xanthomonas sp.* y la *Ralstonia solanacearum*.

De los resultados anteriores, se infiere que pudo existir contaminación con *Fusarium sp.* en el sitio de preparación de los sustratos, en ambos casos, pues los dos se prepararon en el mismo lugar, adyacente a un área agrícola, y este hongo ha sido detectado precisamente en áreas de cultivo. Sin embargo, se puede notar que en el caso del compost obtenido por el TK, el hongo ya no estaba presente, por lo que es posible que la fuente de contaminación fueran los propios residuos orgánicos de frutas y hortalizas. En ambos casos se localizó la bacteria *Erwinia sp.*, y no así otras bacterias patógenas propias de cultivos, considerando el uso potencial de este material en agricultura familiar o doméstica.

Conclusiones

Ambos sustratos inoculados tuvieron un efecto satisfactorio en el comportamiento de las variables medidas en el proceso de elaboración del compostaje, por tanto, queda probado que ambos sustratos son efectivos como degradadores de residuos sólidos orgánicos y garantizan su eficiente reducción; además, que ambos tipos de tratamiento son inocuos y el compost producido promete ser útil en la agricultura a pequeña escala.

El tratamiento con TK presentó diferencias significativas con el tratamiento con MM, específicamente una ventaja sobre el segundo, ya que eleva la temperatura más rápido que el MM, lo que reduce la posibilidad de que se cree un ambiente propicio a la producción de microorganismos patógenos que afecten la calidad o el proceso normal de la degradación de los residuos, como fue el caso del hongo *Fusarium sp.* Además, inhibe la aparición de características físicas no deseables, como el mal olor o los lixiviados contaminantes.

Mediante la evaluación del pH se observó el efecto positivo del uso de MM y TK como medios de degradación de residuos sólidos en la producción de compostaje.

Al evaluar la altura en los dos sustratos, se obtuvo una diferencia significativa, pues el TK fue más eficiente en la reducción de la altura durante el proceso de compostaje.

Luego del estudio de las variables mencionadas, se concluye que el TK en comparación con el MM es más eficiente como sustrato degradador de residuos sólidos biológicos, por esto se recomienda su uso por encima del de MM, como abono en huertas caseras.

Bibliografía

- Borrero, G.; Pacheco, F.; Arias, D., & Campos, R. (s.f.) Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico: Variables físicas, químicas y biológicas en el proceso de compostaje. *VI Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos Sólidos: Hacia la Carbono Neutralidad 2021. CYTED*. ISBN: 978-9968-641-28-9. Pp. 522-528.
- Borrero, G. (2014). *Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico* (tesis de Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción, Área Académica Agroforestal). Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Campos, R., & Camacho, M. (2014). Factores determinantes para una acción ambiental positiva de la Gestión Integral de Residuos (GIR) en el cantón de Guácimo, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 27(4), 89-101.
- Campos, R., & Soto, S. (2014). Estudio de generación y composición de residuos sólidos en el cantón de Guácimo, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 27(3), 122-135
- FAO (2013). *Sustrato, glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación*. Depósito de Documentos de la FAO. Consultado el 30 de abril de 2013 en <http://www.fao.org/docrep/004/y2775s/y2775s0d.htm#TopOfPage>
- Ingelmo, F., & Rubio, J. L. (2008). Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En J. Moreno & R. Moral (eds.), *Compostaje* (pp. 305-328). Barcelona: Ediciones Mundi-Prensa.
- Jica, 2014. Investigadora del ITCR comprueba eficiencia del compostaje Takakura. *Noticias desde la Cooperación Japonesa*. Consultado el 14 de agosto de 2014 en http://www.jica.go.jp/costarica/espanol/office/topics/c8h0vm000028ca97-att/noticias_72.pdf

- Masaguer, A., & Benito, M. (2008). Evaluación de la calidad del compost. En J. Moreno, & R. Moral (eds.), *Compostaje* (págs. 285-304). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Morero, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*. Madrid: Aedos, S.A.
- Soliva, M. (2011). Materia orgánica y compostaje: control de la calidad y del proceso. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (en línea). Consultado 10 de febrero 2015. Disponible en <http://biomusa.net/es/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo/70-materia-organica-y-compostaje-control-de-la-calidad-y-del-proceso/file>.