

Compost municipal: el TEC y la Municipalidad de Turrialba en busca de oportunidades para la agricultura y la economía circular

Katherine Johanna Aguilar Cordero

Estudiante, Área Académica Agroforestal
Instituto Tecnológico de Costa Rica,
Cartago, Costa Rica
✉ kath18aguilar@gmail.com

Rooel Campos-Rodríguez,

Escuela de Agronegocios
Instituto Tecnológico de Costa Rica,
Cartago, Costa Rica

María Fernanda Jiménez-Morales

Escuela de Agronegocios
Instituto Tecnológico de Costa Rica,
Cartago, Costa Rica
✉ maria.jimenez@tec.ac.cr

Dagoberto Arias-Aguilar

Escuela de Ingeniería Forestal
Instituto Tecnológico de Costa Rica,
Cartago, Costa Rica
✉ darias@itcr.ac.cr

Laura Brenes-Peralta,

Escuela de Agronegocios
Instituto Tecnológico de Costa Rica,
Cartago, Costa Rica
✉ labrenes@tec.ac.cr

Ana Lorena Vallejo Chavarría,

Municipalidad de Turrialba,
Cartago, Costa Rica
✉ avallejo@muniturrialba.go.cr

Fecha de recepción: 12 de marzo 2026 | Fecha de aprobación 2 de setiembre 2026

Resumen

La generación de residuos sólidos en Costa Rica ha llevado al agotamiento de varios rellenos sanitarios, como el de Turrialba. En respuesta, la Municipalidad de ese cantón y el TEC han sumado esfuerzos para analizar soluciones a las cerca de 20 toneladas diarias de residuos orgánicos generadas en la localidad. Una alternativa para esos residuos es el compostaje a escala municipal, del cual se obtiene compost. Para conocer más sobre el producto obtenido y su utilidad, un proyecto de investigación del TEC realizó un estudio para evaluar el efecto de este compost sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum* sp.), comparándolo con un compost de brosa (comercialmente disponible) y un fertilizante convencional (químico). Los resultados indicaron que el tratamiento con fertilización química presentó los mayores valores de crecimiento vegetativo y producción de frutos, debido a la mayor disponibilidad inmediata de nutrientes. Sin embargo, aunque los tratamientos con compost no mostraron incrementos productivos inmediatos, sí favorecieron el desarrollo de las raíces de las plantas y mejoraron la estructura y salud del medio de cultivo. Con base en lo anterior, se puede considerar que el compost es una alternativa viable para fortalecer la fertilidad a largo plazo, como complemento de la fertilización convencional. Complementariamente, otro proyecto de extensión del TEC consideró los resultados de la investigación, y mediante un proceso participativo, elaboró una propuesta estratégica para la adopción del compost en cultivos agrícolas para una agricultura local sostenible y la gestión de residuos bajo enfoques de circularidad.

Palabras clave: Residuos sólidos orgánicos, compostaje, hortaliza, economía circular, extensión universitaria

Abstract

Municipal Solid Waste generation in Costa Rica has led to the depletion of several landfills, such as the one in Turrialba. In response, the local Municipality and TEC started searching for solutions to the nearly 20 tons of organic waste daily generated Turrialba. One alternative to treat the organic waste fraction is composting, which produces a soil amendment known as compost. In consequence, a research project from TEC conducted a study to evaluate the effect of this compost on the growth and development of the jalapeño pepper (*Capsicum* sp.) crop, comparing it with a coffee pulp compost (commercially available) and a conventional fertiliser (chemical). The results indicated that chemical fertilisation produced the highest values for vegetative growth and fruit production, due to the greater and immediate availability of nutrients. Although the compost treatments did not show immediate increases in production, they did favour the development of plant roots and improve the structure and health of the growing medium. Based on the above, compost can be considered a viable alternative to strengthen fertility in the long term, as a complement to conventional fertilisation. As a complement, an extension project from TEC considered the results of prior research and developed a strategic proposal through a participatory process, to promote the adoption of compost in agricultural crops to support sustainable local agriculture and waste management within circularity approaches.

Keywords: Organic solid waste, composting, vegetables, circular economy, university extension

Introducción

Muchos cantones hoy día han volcado sus esfuerzos en tratar el tema de los residuos, dado el impacto que estos tienen en el medio ambiente, la salud pública, la condición escénica local y el bienestar general de la población. Particularmente, el cantón de Turrialba, en Costa Rica, inició acciones para gestionar integralmente los residuos generados, incluyendo el aprovechamiento de la fracción orgánica mediante un sistema de compostaje municipal de aire forzado (ver figura 1). El Tec y varias organizaciones han acompañado el proceso de diseño y operación de esta compostera.



Figura 1. Pila de compostaje bajo el método de aire forzado, en la Municipalidad de Turrialba

El compostaje es un proceso biológico de descomposición de residuos orgánicos que genera un producto estabilizado y rico en nutrientes, utilizable como enmienda o fertilizante orgánico [1] para cultivos agrícolas. Entre sus beneficios, el compost puede mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de insumos químicos sintéticos. De igual manera, el compost puede representar una fuente de nutrientes accesible, de menor costo que la química, sobre todo en momentos de crisis del abastecimiento global de fertilizantes, potencialmente con huellas ambientales menores. Adicionalmente, al compostar los residuos, se contribuye al cierre de los ciclos de nutrientes y al fortalecimiento de los modelos de economía circular.

Si bien se conocen estos aportes del compostaje como mecanismo de tratamiento y aprovechamiento de residuos, aún no se habían estudiado las características del compost producido por la Municipalidad de Turrialba. Considerando la cercanía de ese cantón con algunos sitios de producción de chile picante, el equipo investigador del TEC junto con la Municipalidad vieron como una oportunidad trabajar con dicho cultivo, dada su importancia en la industria de salsas y conservas [2], así como su potencial de diversificación en mercados nacionales e internacionales [3]. Desde el punto de vista agrícola, el cultivo de chile requiere una nutrición cuidadosa para desarrollarse y dar un buen rendimiento, y varios estudios han señalado que el incorporar distintas dosis y tipos de compost puede aumentar la biomasa, el número de hojas, la altura de las plantas y el grosor del tallo, además de mejorar las condiciones biológicas y físicas del suelo en comparación con la fertilización química tradicional [4] - [5].

A raíz del vacío de información existente sobre las características del compost municipal, y el interés por cerrar brechas entre la generación de residuos y la producción agrícola, dos proyectos del TEC buscaron trabajar en dos líneas de acción, que constituyen la finalidad de este estudio. Por un lado, desde la investigación, el objetivo se dedicó a analizar el efecto del compost sobre el crecimiento de las plantas del chile jalapeño. Por otro lado, se usaron los hallazgos de ese análisis, mediante un proceso de extensión universitaria, con el objetivo de promover la adopción del del compost como puente entre la gestión de residuos sólidos orgánicos en el contexto periurbano del cantón de Turrialba y la actividad agrícola que igualmente se desarrolla en sus áreas rurales.

Desarrollo

El estudio se realizó en un lote experimental del cultivo de chile picante bajo invernadero que la empresa Ornamentales Río Molino (ORM) facilitó en el distrito de Pococí. Se planteó un diseño experimental de bloques completos al azar, en parcelas con cuatro tratamientos y cinco bloques, y se estudiaron las plantas de chile durante su crecimiento y producción hasta la primera cosecha, empleando en uno de los casos el compost producido en la compostera gestionada por la Municipalidad de Turrialba. Esta compostera, toma residuos orgánicos del área comercial del cantón, aptos para compostar. Los tratamientos (ver ejemplo en la figura 2) evaluados en el ensayo consistieron de:

- plantas fertilizadas con compost A o Municipal (Tratamiento 1)
- plantas fertilizadas con un compost B obtenido en el mercado local a base de broza de café (Tratamiento 2)
- plantas fertilizadas con abono químico (Tratamiento 3) y
- plantas sin abonos orgánicos o químicos como testigo (Tratamiento 4).



Figura 2. Ejemplo de las plantas de chile jalapeño a los 35 días postgerminación del experimento. Nota: la imagen A corresponde a una planta sometida al Tratamiento 1 y la imagen B al Tratamiento 2

Se midieron variables químicas y físicas de los compost A y B; así como las plantas de cada tratamiento a partir de variables como la altura de las plantas (en cm), el grosor del tallo (en mm), el número de hojas, los kg de chile picante que estas produjeron, y la biomasa y peso de las raíces de las plantas (figura 3). Se realizaron análisis estadísticos para evaluar si existían diferencias entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). Posteriormente, estos análisis se socializaron con los socios del proyecto y se elaboró una propuesta estratégica para la adopción e implementación del compost orgánico en el cantón de Turrialba como alternativa sostenible en la agricultura. Esta estrategia se validó mediante el criterio de expertos, con perfiles en educación ambiental y agronomía, para su revisión, retroalimentación y ajuste.

Principales resultados obtenidos en la experimentación

Al realizar un análisis químico del compost A (municipal) se encontró que este es alcalino, lo que podría llegar a afectar negativamente la disponibilidad de algunos nutrientes y la actividad microbiana del suelo [6] si no se controla esta condición. Además, presenta baja humedad, por lo que podría haber limitaciones en la actividad biológica del sustrato de cultivo al que se aplique [7]. Si bien esto podría evitar que crezcan microorganismos que pueden causar daño a las plantas, lo cual es positivo, también podría limitar el crecimiento de otros microorganismos benéficos. Nutricionalmente, presenta concentraciones elevadas de calcio y potasio, mayores en comparación con el compost B (obtenido comercialmente), lo cual puede ser beneficioso. Un factor importante de calidad de los abonos de tipo compost es la relación carbono/nitrógeno (C/N), el cual se encuentra dentro del rango ideal en el caso del compost A o municipal. Esa relación adecuada es indicativa de buena estabilidad del material y una baja probabilidad de toxicidad para las plantas [6]. Sin embargo, se recomienda revisar posteriormente la forma de aplicación del producto y las dosis [8], pues otros micronutrientes, como el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y el cobre (Cu), están presentes en altas concentraciones, mientras que el fósforo (P) es considerablemente bajo. En síntesis, el compost A presenta una composición más equilibrada en cuanto a nutrientes, aunque con una salinidad elevada y una carga excesiva de micronutrientes que el compost B. Es adecuado para suelos pobres en nutrientes, pero debe aplicarse con dosis que valdrá la pena estudiar más a fondo posteriormente.

En cuanto a variables relacionadas al desarrollo de las plantas de chile picante (figura 3), se encontró que usualmente los resultados de indicadores como la cantidad de hojas por planta, grosor de tallo y altura de las plantas no mostraban diferencias estadísticas entre los tratamientos 1 (compost municipal), 2 (compost comercial) y 4 (sin abonos), mientras que se vieron valores mayores en el tratamiento 3 (fertilizante químico). Estas variables son importantes, pues se relacionan con la capacidad de hacer fotosíntesis (cantidad de hojas), la vigorosidad (altura y tallo) y la translocación eficiente de nutrientes (tallo) hacia raíces, flores y luego frutos en las plantas del ensayo. Los resultados coinciden con múltiples estudios ya publicados, que señalan que el fertilizante químico promueve un mayor desarrollo vegetativo que las compostas, lo cual se atribuye a que existe una disponibilidad inmediata de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) [8]- [9]- [10] en contraste con la liberación lenta de los nutrientes del compost, dado que ese material aún debe pasar por procesos de mineralización [11]. Los nutrientes antes citados son determinantes para la formación de hojas y el crecimiento vegetativo, y ese lapso en que se logra su disponibilidad hace que estos no sean suficientes para satisfacer la demanda nutricional del cultivo durante las etapas críticas de floración y fructificación por parte del compost.



Figura 3. Medición de la altura de una de las plantas de chile jalapeño durante el experimento

En cuanto a indicadores de producción (figura 4), la cantidad de frutos por planta mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, y nuevamente el tratamiento con fertilización química (tratamiento 3) mostró los mayores crecimientos. Sin embargo, no debe descartarse que, aunque no se observó un efecto inmediato, el aporte del compost municipal puede estar generando beneficios a largo plazo en la estructura y fertilidad del suelo, mejorando la retención de humedad, la aireación y la capacidad de intercambio catiónico, lo cual puede repercutir en un incremento sostenido de la productividad en ciclos posteriores [12]. Así mismo, si bien pudieron existir diferencias en la generación de biomasa (tejido de las plantas) que podría luego reincorporarse al suelo también o aprovecharse, los tratamientos abonados con compost mostraron más biomasa que el tratamiento sin fertilización (tratamiento 4).



Figura 4. Medición del tamaño de uno de los frutos de chile jalapeño obtenidos durante el experimento

Estrategia de divulgación técnica y educativa del compost A

De acuerdo con los resultados y observaciones obtenidos en este ensayo, que muestran que el compost obtenido puede ser útil desde un punto de vista químico y agronómico, se elaboró un documento titulado *"Propuesta Estratégica para la Adopción e Implementación del Compost Orgánico del cantón de Turrialba como Alternativa Sostenible en la Agricultura"*. Esta se organiza en ejes de acción que responden tanto a las necesidades de las personas productoras como a las condiciones actuales de la actividad agrícola. Estos ejes se definieron considerando la importancia de avanzar hacia sistemas de producción más sostenibles, mejorar la fertilidad y salud del suelo, así como optimizar el uso de los residuos orgánicos disponibles en el territorio. Del mismo modo, la propuesta reconoce la creciente demanda de la población por prácticas agrícolas y productos que se alineen con principios de sostenibilidad, eficiencia en el uso de recursos y reducción del impacto ambiental, lo cual permite posicionar el compost como una alternativa viable y coherente con las tendencias actuales hacia una agricultura más responsable y circular.

Las estrategias para la implementación del compost de Turrialba buscan promover su uso en la agricultura local y el aprovechamiento sostenible de residuos orgánicos. La primera estrategia se dirige a su aplicación en cultivos hortícolas de campo abierto, con recomendaciones sobre dosis, métodos de aplicación y manejo combinado con fertilización para mejorar el crecimiento vegetal y la salud del suelo. La segunda estrategia se orienta a su uso en plantas ornamentales domésticas, mediante mezclas adecuadas de sustrato, capacitación y divulgación para asegurar un uso correcto. En conjunto, ambas estrategias fomentan la adopción gradual y técnicamente fundamentada del compost, fortaleciendo la sostenibilidad agrícola y la economía circular en el territorio.

Conclusiones

El compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos del cantón de Turrialba (Compost A) presentó una composición fisicoquímica adecuada para su uso agrícola, con una relación C/N dentro del rango óptimo y una buena estabilidad del material, aunque con algunos valores que deben considerarse al definir la dosis de aplicación.

Particularmente en términos del crecimiento de las plantas, los resultados obtenidos mostraron que el fertilizante químico promovió un crecimiento vegetativo y productivo significativamente superior en comparación con los compost, evidenciado en un mayor número de hojas, grosor del tallo, biomasa y número de frutos por planta. Esto se atribuye a la disponibilidad inmediata de nutrientes esenciales (N, P y K) que favorecen el crecimiento rápido y vigoroso del chile jalapeño. Por su parte, los tratamientos con Compost A y Compost B no mostraron diferencias significativas entre sí ni respecto al testigo en las variables de rendimiento inmediato. No obstante, ambos evidenciaron un efecto positivo sobre el desarrollo radicular y la acumulación de biomasa seca, demostrando su potencial para mejorar la estructura, aireación y retención de humedad del sustrato, lo cual puede traducirse en beneficios sostenibles a largo plazo. Dado lo anterior, se recomienda ajustar la dosis y frecuencia de aplicación del compost, mediante mezclas con materiales de baja conductividad o dilución con sustratos inertes, para evitar estrés o intoxicación en las plantas, así como implementar ensayos de combinación entre compost y fertilización mineral, con el objetivo de evaluar efectos sinérgicos que optimicen tanto la respuesta productiva inmediata como la sostenibilidad del sistema. Por último, podrá ser de interés realizar evaluaciones a largo plazo que consideren varios ciclos de cultivo, para determinar los efectos acumulativos del compost sobre la estructura, fertilidad y capacidad de retención de nutrientes del sustrato.

Finalmente, la creación de la propuesta estratégica para la adopción e implementación del compost de residuos sólidos orgánicos del cantón de Turrialba será una herramienta práctica para que los productores que obtengan el compost lleven consigo información general de cómo podrían incorporarlo en los planes de manejo de los diferentes cultivos del área agrícola, y así promover alternativas sostenibles en la agricultura. Esto se basa en que los resultados respaldan el uso del compost como alternativa complementaria y sostenible frente a la fertilización química, especialmente en estrategias de manejo integrado de nutrientes, donde se busca reducir la dependencia de insumos sintéticos y promover una agricultura más circular y respetuosa con el ambiente.

Agradecimientos

Los autores desean externar un sincero agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión y al Centro de Investigación y Extensión en Gestión Agroindustrial CIGA de la Escuela de Agronegocios del TEC, por su apoyo en la ejecución de los proyectos:

- Promoción de la economía circular mediante el fortalecimiento de las competencias para el adecuado tratamiento de los residuos biodegradables del sector comercial del cantón de Turrialba, a través de educación ambiental no formal. Código 1431066
- Valorización de los residuos sólidos biodegradables del Cantón de Turrialba por medio de compostaje con aireación forzada: Un Enfoque de Circularidad. Código 1431063

Así mismo agradecen la apertura de la Municipalidad de Turrialba para la realización de estos proyectos de manera conjunta con el TEC.

Bibliografía

- [1] M. P. Bernal, J. A. Albuquerque y R. Moral, «Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review,» *Bioresource Technology*, vol. 100, nº 22, p. 5444–5453, 2009.
- [2] J. Roman, «Producción de chile jalapeño en sistemas protegidos,» *Revista Agroproductividad*, vol. 11, nº 3, p. 45–52, 2018.
- [3] G. Azofeifa y J. Moreira, «Producción de chile picante en Costa Rica,» *Revista Agrícola Costarricense*, vol. 12, nº 1, p. 45–52, 2008.
- [4] A. Kavoo, J. Mutuku y J. Wambua, «Effect of compost on growth and yield of *Capsicum annum*,» *African Journal of Agricultural Research*, vol. 9, nº 12, p. 1012–1018, 2014.
- [5] A. Chávez, M. Rodríguez y J. Torres, «Efecto del compost en el crecimiento de chile jalapeño,» *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 14, nº 2, p. 123–134, 2020.
- [6] A. Tola Garfias, J. Pérez y P. Rodríguez, «Efecto del pH del compost sobre la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes en suelos agrícolas,» *Revista Internacional de Ciencias Agrícolas*, vol. 14, nº 2, p. 123–145, 2024.
- [7] M. Gutiérrez-González, R. Salazar y R. Campos, «Caracterización fisicoquímica de compost municipal,» *Revista Iberoamericana de Producción Agropecuaria*, vol. 10, nº 1, p. 55–68, 2024.
- [8] L. Taiz, E. Zeiger, I. M. Møller y A. Murphy, *Plant physiology and development*, 6th ed., Sinauer Associates, 2017.
- [9] P. Marschner, *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd ed., Academic Press, 2012.
- [10] M. Cruz, J. Hernández y L. Vargas, «Evaluación de compost en cultivos hortícolas bajo invernadero,» *Revista Agronomía Mesoamericana*, vol. 29, nº 2018, p. 215–228, 2018.
- [11] S. Adhikari, S. Barrington, J. Martinez y S. King, «Effect of compost characteristics on greenhouse pepper growth,» *Journal of Environmental Management*, vol. 260, p. 110137, 2020.
- [12] M. A. Sánchez-Monedero, M. L. Cayuela y C. Mondini, «Role of compost in carbon sequestration and climate change mitigation,» *Waste Management*, vol. 61, p. 482–491, 2018.

Sobre los autores

Katherine Johanna Aguilar Cordero

Ingeniera Agrónoma y desarrolló esta investigación como parte de sus estudios para obtener el grado de Máster en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción, del Área Académica Agroforestal del Tecnológico de Costa Rica. <https://orcid.org/0009-0007-6495-1023>

Roel Campos-Rodríguez

Investigador y extensionista de la Escuela de Agronegocios y el Área Académica Agroforestal del Tecnológico de Costa Rica. Cuenta con un doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo, con énfasis en Cultura ambiental lo que le ha permitido generar experiencia en procesos de educación ambiental y transformación local enfocada principalmente en gestión integral de residuos. Actualmente coordina proyectos de investigación y extensión en asocio con la Municipalidad de Turrialba. <https://orcid.org/0000-0003-4460-2313>

María Fernanda Jiménez-Morales

Investigadora y extensionista de la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica. Es Ingeniera en Agronegocios y cuenta con una Maestría en Ingeniería, enfocada en Sistemas Modernos de Manufactura. Se especializa en disciplinas como el análisis cuantitativo de datos y el diseño experimental, y participa en proyectos donde ha desarrollado experiencia en gestión y valorización de residuos sólidos orgánicos y sistemas agroalimentarios sostenibles. <https://orcid.org/0000-0002-9775-2545>

Dagoberto Arias-Aguilar

Investigador y extensionista, destacado en la Escuela de Ingeniería Forestal y actualmente coordina la Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción en el Tecnológico de Costa Rica. Posee grado de Doctor en Forestería, con amplia trayectoria en diseño experimental y análisis de sostenibilidad en sistemas agrícolas y forestales.

Laura Brenes-Peralta

Investigadora y extensionista de la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica. Es Ingeniera en Agronegocios y cuenta con un doctorado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria y Ambiental con énfasis en Cooperación Internacional y Desarrollo Sostenible. Tiene experiencia en proyectos relacionados a gestión integral de residuos, reducción de pérdidas de alimentos y sistemas agroalimentarios sostenibles.