

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA TEMPERATURA DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

INFLUENCE OF EFFICIENT MICROORGANISMS ON THE
TEMPERATURE OF THE ORGANIC WASTE COMPOSTING PROCESS

Aldair Gama Gutierrez
Universidad Continental, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19168

Influencia de Microorganismos eficientes en la Temperatura del Proceso de Compostaje de Residuos Orgánicos

Aldair Gama Gutierrez¹

aldairgama0@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-6589-7239>

Escuela de postgrado

Universidad Continental

Perú

RESUMEN

En este estudio se evaluó la evolución de la temperatura en el compostaje de residuos orgánicos inoculados con diferentes dosis de microorganismos eficientes, con la finalidad de estimar diferencias significativas entre tratamientos. Este estudio se realizó en el colegio Don Bosco en Pucallpa. Los materiales fueron residuos orgánicos generados por el comedor del colegio, aserrín descompuesto, desmonte fresco y hojarasca depositados en cajas de compostaje de (0.70x0.70x0.70) m³. El diseño experimental consistió en microorganismos eficientes distribuidos en 3 grupos o repeticiones (A, B, C), con las siguientes dosis: T1 (prueba testigo); T2 (1.5 l de E.M); T3 (2 l de E.M); T4 (2.5 l de E.M). En general los tratamientos T2 y T3 alcanzaron temperaturas más altas en los 3 grupos. En la evaluación no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos con E.M y sin E.M. Los picos de temperatura en los tratamientos con E.M se alcanzaron entre el séptimo y décimo día del proceso de compostaje, mientras que en la prueba testigo se alcanzó en el sexto día. Los resultados sugieren que mayores dosis de E.M, si bien aceleran la obtención de compost, no producen diferencias significativas en la variación de temperatura durante el proceso.

Palabras claves: residuos orgánicos, microorganismos, compostaje, temperatura

¹ Autor principal

Correspondencia: aldairgama0@gmail.com

Influence of efficient Microorganisms on the Temperature of the Organic Waste Composting Process

ABSTRACT

This study evaluated temperature changes in the composting of organic waste inoculated with different doses of efficient microorganisms, with the aim of estimating significant differences between treatments. This study was conducted at Don Bosco School in Pucallpa. The materials were organic waste generated by the school cafeteria, decomposed sawdust, fresh brushwood, and leaf litter deposited in composting boxes measuring (0.70x0.70x0.70) m³. The experimental design consisted of efficient microorganisms distributed into three groups or replicates (A, B, C), with the following doses: T1 (control); T2 (1.5 l of EM); T3 (2 l of EM); T4 (2.5 l of EM). In general, treatments T2 and T3 reached higher temperatures in the three groups. The evaluation did not detect significant differences between treatments with EM and without EM. The temperature peaks in the treatments with EM were reached between the seventh and tenth day of the composting process, while in the control test they were reached on the sixth day. The results suggest that higher doses of EM, while accelerating compost production, do not produce significant differences in temperature variation during the process.

Keywords: organic waste, microorganisms, composting, temperature

Artículo recibido 22 julio 2025

Aceptado para publicación: 29 agosto 2025



INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos provenientes de los hogares representan un desafío significativo que ha afectado a las ciudades desde hace siglos debido a las grandes cantidades que se generan (Vargas et al., 2019). Una posible solución para aprovechar los residuos sólidos orgánicos es la producción de abonos orgánicos mediante el compostaje. Esto representa un abordaje necesario para vivir de manera sostenible y en equilibrio con la naturaleza (Chinakwe et al., 2019; Chávez y Rodríguez, 2016).

Los residuos sólidos pueden ser percibidos de dos maneras: como basura o como materiales aprovechables y comercializables cuando se logra transformarlos nuevamente en un producto útil (Ansorena et al., 2014). A pesar de los esfuerzos aislados, seguimos considerando y generando residuos sólidos como si fuesen desechos. La falta de una verdadera gestión adecuada de los residuos nos expone constantemente al riesgo de contaminar el medio ambiente (Basso et al., 2016).

La gestión adecuada de los residuos orgánicos se ha convertido en un tema crucial. En ese contexto, el compostaje emerge como una estrategia fundamental para convertir los residuos orgánicos en compost (Otterpohl et al., 1997; Vargas et al., 2019; Ansorena et al., 2014). El compostaje, un proceso natural de descomposición de materiales orgánicos, ofrece una solución eficiente y ambientalmente amigable para abordar la creciente preocupación por los residuos. Sin embargo, en el compostaje el tiempo representa un problema a solucionar.

Normalmente, obtener un compost de una calidad óptima podría demorar entre tres y cuatro meses, incluso hasta seis, dependiendo de los residuos y la cantidad, lo cual representa una desventaja (Finstein et al., 1986; Chinakwe et al., 2019).

Una alternativa a este problema son los microorganismos eficientes (E.M.), a quienes la literatura atribuye la capacidad de acelerar el proceso de compostaje. Los E.M. son un conjunto de microorganismos cuya acción favorece la descomposición de la materia orgánica (Van Fan et al., 2008; Sánchez et al., 2017). Sin embargo, el mecanismo y el modo en que actúan son preguntas que responden a los contextos en los cuales se aplican. Es así que el desconocimiento de los mecanismos de acción de los E.M. en las fases de compostaje puede generar dudas en cuanto a la dinámica de la comunidad microbiana durante el proceso (Insam y De Bertoldi, 2007; Chinakwe et al., 2019).



A nivel de procesos, se sabe que el compostaje consta de tres fases fundamentales: la primera fase donde ocurre un aumento del dióxido de carbono y temperaturas, con degradación de azúcar y proteínas por organismos mesófilos; una segunda fase llamada termófila, con temperaturas de 45 °C a 70 °C, donde los organismos mesófilos son reemplazados por termófilos y se degradan muchos patógenos; y finalmente una tercera fase de disminución de la temperatura, con la calidad y estabilidad del compost asociada a las materias primas utilizadas (Chinakwe et al., 2019).

Durante el compostaje fluctúan varios parámetros como la temperatura, el pH o el contenido de humedad. Por esto mismo, la presente investigación considera conveniente abordar la relación específica entre la temperatura y los tratamientos de compost que reciben inóculos de E.M.

De este modo, una mejor comprensión de la dinámica térmica en relación con el proceso de compostaje sería un factor a considerar al momento de aplicar E.M. en composteras (Bolta et al., 2003). Así también, habrá un mejor entendimiento acerca de la conveniencia de utilizar microorganismos eficientes para la reducción del tiempo de compostaje (Tortarolo et al., 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un campo experimental del Colegio Don Bosco en Pucallpa. Para esto, se realizó el picado de los residuos orgánicos provenientes del comedor del colegio, además de restos de poda, así como aserrín descompuesto extraído de las canteras de los aserraderos ubicados en la ciudad de Pucallpa.

El material inicial fue colocado, cortado y triturado en trozos de aproximadamente 3 cm, para ello se emplearon cajas cúbicas de compostaje de (0.70x0.70x0.70) m³. El orden de llenado de las cajas de compostaje se realizó de la siguiente manera: 10 cm de aserrín descompuesto, 10 cm de residuos orgánicos, 10 cm de hojarasca, 10 cm de poda fresca y 10 cm de hojarasca nuevamente, de manera que en total el espacio volumétrico utilizado fue de 0.245 m³ (0.50 m x 0.70 m x 0.70 m).

El proceso se llevó a cabo en condiciones aeróbicas, con un volteo del material al quinto día y, a partir de este momento, de manera diaria para promover una descomposición eficiente del material. Se mantuvo un constante control de variables básicas como la temperatura, la humedad y el pH.

El proceso de compostaje se llevó a cabo con las siguientes dosis de E.M por tratamiento distribuidos en 3 repeticiones o grupos (A, B, C):



T1: Prueba Testigo (sin dosis de E.M)- Grupo A, B y C

T2: Dosis de 1.5 l de E.M- Grupo A, B y C

T3: Dosis de 2 l de E.M- Grupo A, B y C

T4: Dosis de 2.5 l de E.M- Grupo A, B y C

Las cajas de compostaje fueron fabricadas con madera y triplay y se distribuyeron siguiendo un diseño aleatorizado, con tres repeticiones.

Diariamente se registró la temperatura con ayuda de un multiparámetro de temperatura, pH y humedad.

Al finalizar el periodo de compostaje en base a la observación ocular y las condiciones físicas del producto obtenido, se obtuvo una muestra compuesta de la caja que alcanzó la fase de maduración en el menor periodo de tiempo (constituida por 4 submuestras que pesaban juntas 1 kg). Cada muestra fue representativa y fue tamizada utilizando mallas con ese propósito.

La muestra obtenida en el menor periodo de tiempo fue enviada para su análisis de materia orgánica en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los datos de temperatura de los tres grupos o repeticiones obtenidos por el multiparámetro fueron analizados mediante un análisis de varianza en Excel para evaluar si se encontraban diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($p<0,05$). Para evaluar la varianza se aplicó la siguiente metodología: Al procesar los datos de temperatura de los grupos con sus respectivos tratamientos se obtuvieron datos como la F y el valor crítico de F, que son estadísticos importantes en la varianza. El valor F se calculó como la razón de la varianza explicada por el modelo a la varianza no explicada, y se utilizó para evaluar si las medias de los diferentes grupos son significativamente diferentes entre sí, en comparación con el umbral que prevé justamente la decisión de criterio que es el valor crítico de F (Montgomery, 2012).

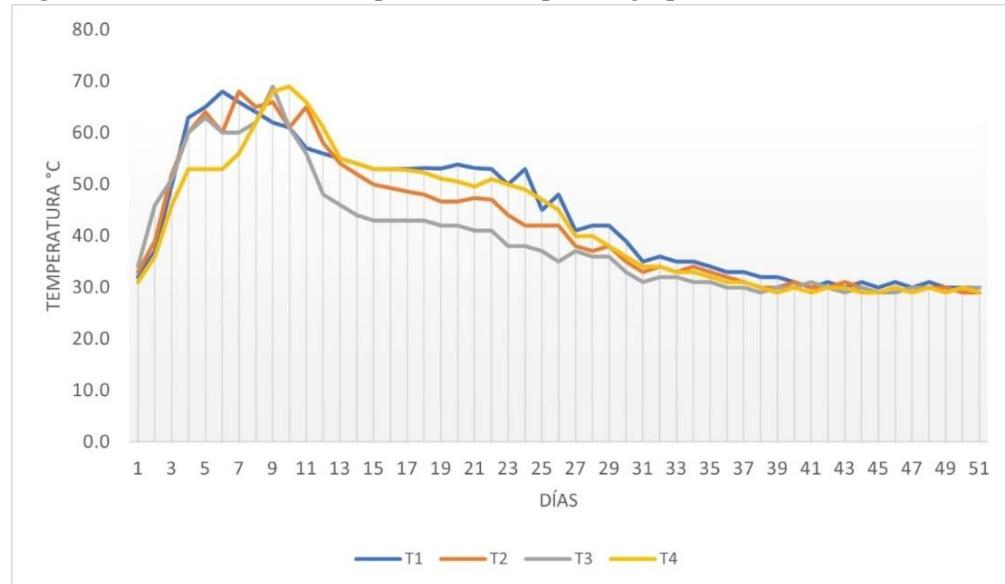
En este caso el criterio consistió en que si el valor de F era mayor al valor crítico de F significaba que había al menos un tratamiento con diferencias estadísticas significativas de la media en relación a los demás tratamientos, de lo contrario, se comprobaba que no existen diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al parámetro de temperatura. El criterio aplicado de significancia para el valor de probabilidad (p) consistió en que si el valor p era menor al valor de significancia 0.05, se encontraba diferencias significativas en las medias de los tratamientos, de lo contrario se comprobaba que no existía diferencias significativas en las medias de los tratamientos.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 observamos que durante los primeros 10 días, todos los tratamientos mostraron un rápido aumento de la temperatura. Los tratamientos T1A y T2A alcanzaron los picos más altos alrededor del séptimo día, aproximándose a los 70°C, específicamente alcanzaron su punto máximo a 68°C.

Figura 1. Evolución de la temperatura en el primer grupo.

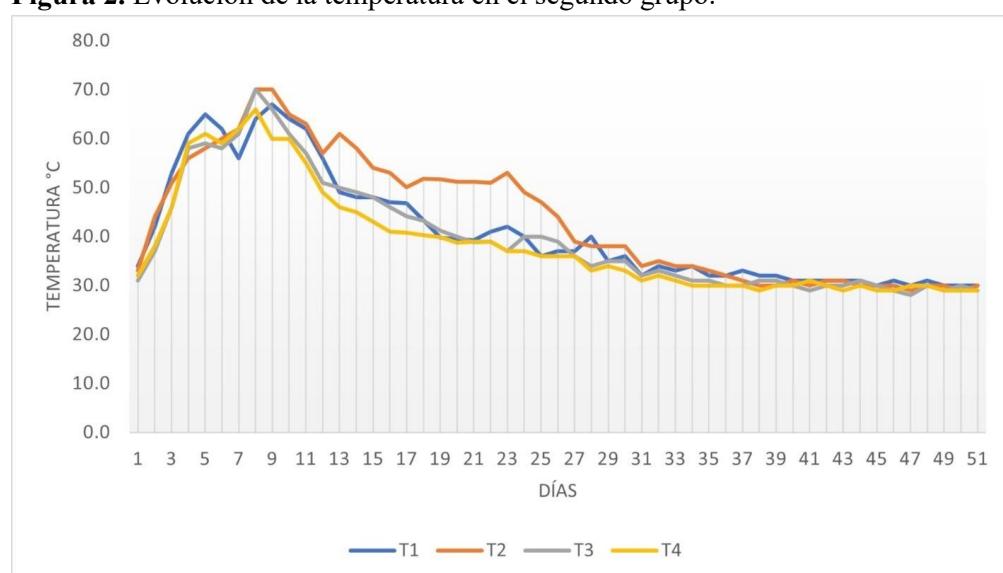


La rapidez con la que se alcanzó la fase termófila se asemejó a lo experimentado por Van Fan *et al.* (2018), quienes, en su estudio, alcanzaron los picos de la etapa termofílica entre el quinto y décimo día de iniciado el proceso. Los tratamientos T3A y T4A tuvieron un incremento más moderado en la fase inicial, para luego alcanzar máximas de 69°C hacia el noveno y décimo día. Desde el día 11 hasta el día 20, las temperaturas comenzaron a descender de manera similar a la investigación de Van Fan *et al.* (2018). En referencia a lo observado, hay autores que indican que la rapidez con la que la materia orgánica alcanza la fase termófila es crucial para la eficiencia del compostaje. Por ejemplo, Haug (1993) señala que un rápido aumento de temperatura facilita la destrucción de patógenos y semillas de malas hierbas. De acuerdo con Epstein (1997), la duración de la fase termófila influye significativamente en la calidad final del compost, en la presente investigación la duración de la fase termófila fue relativamente rápida. Desde el día 30 en adelante, las temperaturas disminuyeron tendiendo a converger hacia valores típicos de la etapa de estabilización y maduración, estabilizándose alrededor de los 30°C. Las fluctuaciones se volvieron menos pronunciadas hacia el final del período de compostaje.

Estas observaciones del primer grupo, mostraron un comportamiento típico de la curva de temperatura en el proceso de compostaje: una corta latencia para luego subir drásticamente en la fase termófila, seguida de una fase mesófila y luego desembocar en una etapa de estabilización alrededor del día 30, con una maduración estable.

El patrón de la curva fue observado de manera análoga en investigaciones como las realizadas por Tortarolo *et al.* (2008), Hoitink *et al.* (1977) y Van Fan *et al.* (2018). Si bien entre tratamientos algunas de las fluctuaciones fueron pronunciadas; como por ejemplo en el segundo tratamiento, a nivel estadístico esto no representó alguna diferencia significativa en relación a los demás grupos, ya que, al realizar el análisis de varianza, el valor de F fue 1.15 y este no fue mayor que el valor crítico de F, que fue 2.64. El valor de probabilidad (p) fue mayor a 0.05, lo que confirma la no significancia estadística entre los tratamientos. Estos resultados se aproximan en forma con los hallazgos de Gajalakshmi y Abbasi (2008), quienes también observaron que las fluctuaciones de temperatura durante el compostaje no siempre se traducen en diferencias significativas en la calidad del compost final. En el segundo grupo de repetición, el tratamiento T1B presentó una variación que alcanzó valores de hasta 67°C de máxima hacia el noveno día; el T2B mostró una variación con valores de hasta 70°C en el octavo día; el T3B exhibió una máxima de 70°C hacia el octavo día, mientras que el T4B registró variaciones de hasta 66°C en el octavo día, como se aprecia en la figura 2.

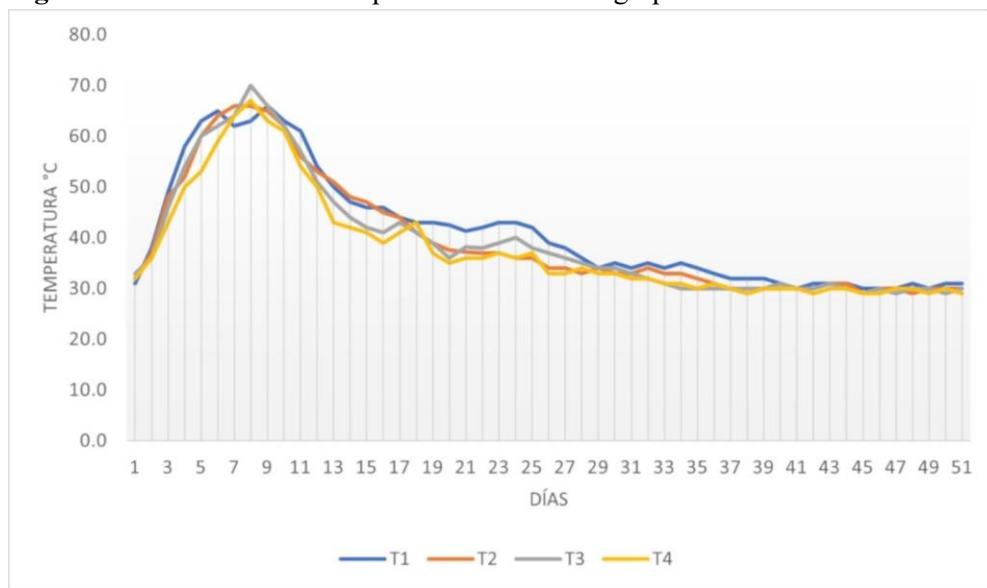
Figura 2. Evolución de la temperatura en el segundo grupo.



En cuanto al análisis de varianza efectuado, el valor de F fue 1.70, lo que no fue mayor que el valor crítico de F, siendo el valor crítico de F = 2.64. Al confirmar con el valor de p = 0.16, se confirmó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

En el tercer grupo, el tratamiento T1C presentó temperaturas que alcanzaron valores de hasta 66°C en el noveno día; el T2C mostró una variación térmica con valores de hasta 66°C en el séptimo día; el T3C registró una máxima de 70°C hacia el octavo día, mientras que el T4C registró un aumento térmico de hasta 67°C hacia el noveno día, como se aprecia en la figura 3.

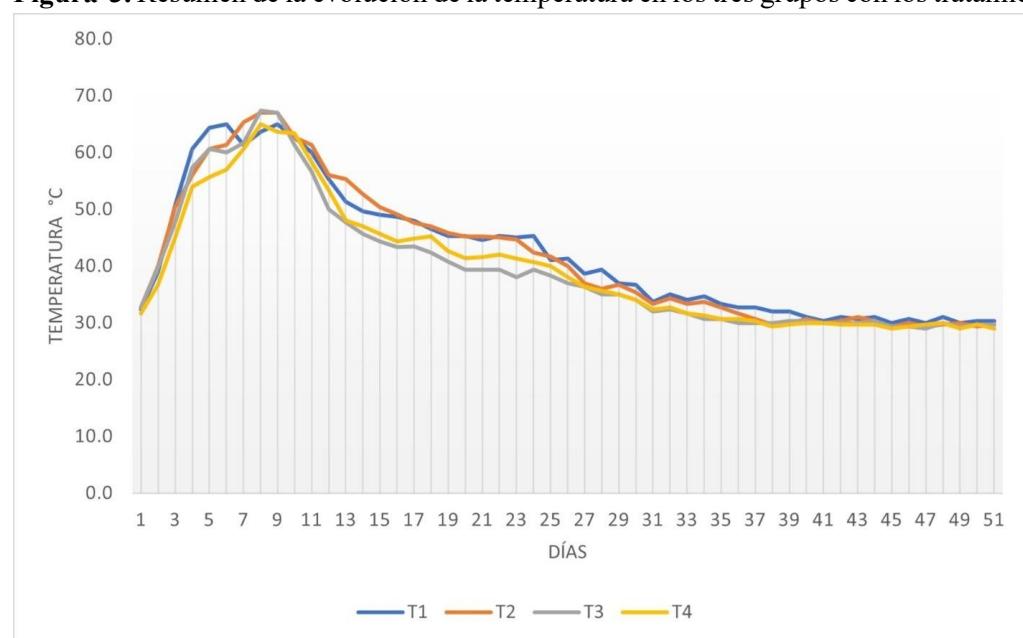
Figura 2. Evolución de la temperatura en el tercer grupo.



En cuanto al análisis de varianza efectuado, el valor de F fue 0.71, lo que no fue mayor que el valor crítico de F, siendo el valor crítico de F = 2.64. El valor de p fue 0.54, lo que estadísticamente nos dice que no hubo diferencias significativas entre tratamientos. En resumen, en los 3 grupos evaluados no hubo diferencias estadísticas sustanciales en los tratamientos que recibieron microorganismos eficientes, frente a los que no recibieron dosis de microorganismos. Incluso, como hemos visto, las cajas de compostaje que recibieron menores dosis de microorganismos alcanzaron en algunos gráficos la etapa termófila antes que lo hicieran las cajas de compostaje que recibieron mayores dosis. Esto podría sugerir que, inicialmente, el inóculo se demoró en adaptarse a las condiciones de compostaje en las que fue expuesto. En cuanto al proceso de compostaje, se puede destacar que las temperaturas alcanzadas en los tres grupos se aproximaron, o incluso en algunos casos llegaron, a los 70°C.

Para Finstein *et al.* (1986), conseguir niveles adecuados de temperatura en las pilas de compostaje resultó esencial para que el proceso sea eficiente, lo que contribuyó a que el producto tenga las condiciones óptimas de calidad. Temperaturas por debajo de los 20°C pueden perjudicar el proceso de compostaje (Meng *et al.*, 2021). En este caso, las condiciones fueron óptimas, ya que en promedio la temperatura ambiente estuvo entre 27°C y 30°C. La rapidez con la que llegó la etapa termófila optimizó la actividad de los microorganismos que se adaptaron a estas condiciones. Las temperaturas no superaron los 80°C, hecho que posiblemente hubiese perjudicado el proceso, ya que dificultan el crecimiento de la población microbiana (Nemet *et al.*, 2021; Tortarolo *et al.*, 2008). Las temperaturas consideradas óptimas para el proceso, según MacGregor & Col (1981), están en el rango de los 52°C a 65°C, llegando a puntos coincidentes como los de Bach *et al.* (1984) y Tortarolo *et al.* (2008). Se considera adecuado conseguir una temperatura más allá de los 55°C, por lo menos durante quince días, ya que así se inactivan los agentes patógenos. Asimismo, Van Heerden *et al.* (2002) y Tortarolo *et al.* (2008) sugieren que temperaturas superiores a 55°C pueden crear condiciones de óptima sanidad. En este estudio, todos los tratamientos se mantuvieron con una media de 50°C en las etapas mesófila y termófila. Resulta llamativo, como se observa en la figura 4, que resume el compostaje de los tres grupos, que, en promedio, la prueba testigo haya sido la primera en alcanzar temperaturas máximas en la fase termófila.

Figura 3. Resumen de la evolución de la temperatura en los tres grupos con los tratamientos empleados.



Como parte de la bioquímica del proceso se considera que la variación de temperatura es un hito fundamental para la comprensión de las reacciones en el compostaje (Tortarolo *et al.*, 2008), en este sentido las temperaturas alcanzadas fueron óptimas para la eliminación de agentes patógenos y el desarrollo de un producto de adecuadas propiedades organolépticas. La climatología de la zona donde se realizó la investigación con características tropicales favoreció el proceso al tiempo que condujo a la aceleración del metabolismo microbiano. En este sentido, autores como Bolta *et al.* (2003) encontraron disminuciones significativas en la temperatura cuando se realizó el proceso durante la estación invernal. En la presente investigación, este efecto no fue posible, ya que la temperatura media ambiental osciló entre 26°C y 30°C en la estación de entrada al período de lluvias (octubre-noviembre).

En el análisis de varianza efectuado entre los promedios de las repeticiones, tampoco se encontraron diferencias significativas, como lo observamos en la tabla 1, que resume la varianza efectuada.

Tabla 1. Resumen del análisis de varianza de los tres grupos con los tratamientos empleados.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	271.69	3	90.56	0.69	0.55	2.64
Dentro de los grupos	25876.28	200	129.38			
Total	26147.98	203				

En tal sentido, la prueba de Tukey no fue necesaria ya que, al no encontrarse diferencias significativas en las medias de los grupos, tampoco era necesario encontrar el tratamiento con diferencia de medias significativa.

Al constatar que el valor de F fue menor al valor crítico de F y que la probabilidad p encontrada fue mayor a 0.05, podemos concluir que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos efectuados. Sin embargo, como observaremos en la tabla 2, el tiempo de obtención del compost sí tuvo una repercusión en los tratamientos efectuados.



Tabla 2 Periodos de obtención de compost obtenidos por los tres grupos.

Tratamientos	Grupo A	Grupo B	Grupo C
T1	51	49	51
T2	43	44	47
T3	32	35	37
T4	34	31	34

En el primer grupo, el menor periodo en el cual se obtuvo compost fue de 32 días, obtenido por el T3A. Luego estuvo el T4A con 34 días y después el T2A y el T1A con 51 días. En el segundo grupo, el menor periodo en el cual se obtuvo compost fue de 31 días, obtenido por el T4B. Luego estuvo el T3B con 35 días y después el T2B con 44 días y el T1B con 49 días. En el tercer grupo, el menor periodo en el cual se obtuvo compost fue de 34 días, obtenido por el T4C. Luego estuvo el T3C con 37 días y después el T2C con 47 días y el T1C con 51 días. En todos los casos, los tratamientos en los que se aplicó E.M alcanzaron la madurez en períodos de tiempo menores al testigo, independientemente de que todas las camas fueran rellenadas con materiales de compostaje similares.

CONCLUSIONES

A manera de conclusión, los resultados de la presente investigación nos permiten evaluar la evolución de la temperatura a lo largo del proceso de compostaje de residuos orgánicos. Deducimos que, si bien; la aplicación de microorganismos eficientes no tiene implicancias estadísticas significativas con la variación de la temperatura en comparación con los procesos sin el uso de microorganismos, estos aceleran los períodos de compostaje al descomponer de manera más rápida la materia orgánica. En este sentido el tratamiento T4B con una dosis de 2.5l de E.M obtuvo la mejor performance al reducir el proceso de compostaje a 31 días. Esto puede resultar útil cuando se trata de procesar rápidamente materia orgánica, como las que solemos encontrar en domicilios.

El autor

Declaro ser consciente de que soy el único responsable del contenido.

Declaro que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de la comunicación científica.

Declaro que el manuscrito no ha sido previamente depositado y/o puesto a disposición en otro servidor de preprints ni publicado en una revista y no tengo conflicto de intereses.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ansorena, J., Batalla, E., & Merino, D. (2014). Propiedades físicoquímicas del compost de residuos de alimentos y su empleo como componentes de sustratos. *Actas de Horticultura (España)*, 67(1), 18.
- Bach, P. D., Shoda, M., & Kubota, H. (1984). Rate of composting of dewatered sewage sludge in continuously mixed isothermal reactor. *Journal of Fermentation Technology*, 62(1), 285–292.
- Basso, N., Brkic, M., Moreno, C., Pouiller, P., & Romero, A. (2016). Valoramos los alimentos, evitemos pérdidas y desperdicios. *Diaeta (Argentina)*, 34(155), 25–32.
- Bolta, S. V., Mihelic, R., Lobnik, F., & Lestan, D. (2003). Estructura de la comunidad microbiana durante el compostaje con y sin inóculos masivos. *Ciencia y Utilización del Compost (Reino Unido)*, 11(1), 6–15. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2003.10702104>
- Chávez Porras, A., & Rodríguez González, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia y Virtualidad (Colombia)*, 9(2), 90–110. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Chinakwe, C. E., Ibekwe, V. I., Ofoh, M. C., Nwogwugwu, Onu, Adeleye, S. A., Chinakwe, P. O., & Ihejirika, C. E. (2019). Efecto de los cambios de temperatura en los patrones de sucesión de bacterias y hongos durante el compostaje de algunos desechos orgánicos en invernadero. *Revista de Avances en Microbiología (India)*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.9734/jamb/2019/v15i130075>
- Epstein, E. (1997). *The science of composting*. CRC Press.
- Finstein, M. S., Miller, F. C., & Strom, P. F. (1983). Composting ecosystem management for waste treatment. *Nature Biotechnology*, 1, 347–353. <https://doi.org/10.1038/nbt0683-347>
- Gajalakshmi, S., & Abbasi, S. A. (2008). Solid waste management by composting: State of the art. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 38(5), 311–400.
- Haug, R. T. (1993). *The practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers.
- Hoitink, H. A. J., Vandoren, D. M., & Schmitthenner, A. F. (1977). Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in composted hardwood bark medium. *Phytopathology*, 67, 561–565. <https://doi.org/10.1094/Phyto-67-561>



- Insam, H., & De Bertoldi, M. (2007). Microbiology of the composting process. *Waste Management Series* (Reino Unido), 8, 25–48. [https://doi.org/10.1016/S1478-7482\(07\)80006-6](https://doi.org/10.1016/S1478-7482(07)80006-6)
- MacGregor, S. T., Millar, F. C., Psarianos, K. M., & Finstein, M. S. (1981). Control del proceso de compostaje basado en la interacción entre la producción de calor microbiano y la temperatura. *Microbiología Aplicada y Ambiental* (Estados Unidos), 41, 1321–1330.
- Meng, L., Li, W., Zhang, S., Zhang, X., Yi, Z., & Li, C. (2021). Improving sewage sludge compost process and quality by carbon sources addition. *Scientific Reports*, 11, 1319. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79443-3>
- Montgomery, D. C. (2012). *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons.
- Nemet, F., Perić, K., & Lončarić, Z. (2021). Microbiological activities in the composting process: A review. *Columella Journal of Agricultural and Environmental Sciences* (Hungria), 8(2), 41–53. <https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2021.8.2.41>
- Otterpohl, R., Grottke, M., & Lange, J. (1997). Gestión sostenible del agua y de los residuos en zonas urbanas. *Boletín CF+S* (Alemania), (2).
- Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., & Montoya, S. (2017). Complementación del compost con nutrientes y microorganismos en el proceso de compostaje. *Gestión de Residuos* (Colombia), 69, 136–153.
- Tortarolo, M. F., Pereda, M., Palma, M., & Arrigo, N. M. (2008). Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. *Ciencia del Suelo* (Argentina), 26(1), 41–50.
- Van Fan, Y., Lee, C. T., Klemeš, J. J., Chua, L. S., Sarmidi, M. R., & Leow, C. W. (2018). Evaluation of effective microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management* (Países Bajos), 216(1), 41–48.
- Van Heerden, Y. O., Cronjé, C., Swart, S. H., & Kotzé, J. M. (2002). Microbial, chemical and physical aspects of citrus waste composting. *Bioresource Technology* (Sudáfrica), 81(1), 71–76. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00058-X)
- Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-Gonzalez, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia* (Colombia), 23(2), 123–129. <https://doi.org/10.22579/20112629.575>

