

# Evaluación de los parámetros de control del compostaje (oxigenación y relación C/N) de residuos de hogares en Neiva, Huila

## Evaluation of composting control parameters (oxygenation and C/N ratio) from household waste in Neiva, Huila

Julián Alejandro Giraldo Murcia, Luis Enrique Pérez Castrillón <sup>b</sup>, Leidy Carolina Mosquera Rivera <sup>b</sup>, Rafael David Ángel Gasca <sup>c</sup>.

<sup>a</sup> Tecnoparque Nodo  
La Angostura  
Servicio Nacional de  
Aprendizaje.  
E-mail: [jjiraldom@sena.edu.co](mailto:jjiraldom@sena.edu.co)

<sup>b</sup> Co-fundador empresa  
GEOMAAC.SAS.

<sup>c</sup> Tecnoparque Nodo  
La Angostura  
Servicio Nacional de  
Aprendizaje.

### Resumen

Los residuos sólidos orgánicos son una fuente de materia prima para la producción de acondicionadores de suelos que, gracias a un proceso de descomposición y compostaje, son aprovechados en la producción de alimentos a pequeña escala. Sin embargo, el proceso de producción depende del adecuado manejo y disposición de los residuos debido a que este puede ocasionar variaciones en las diferentes etapas del proceso de compostaje. El objetivo del presente estudio es evaluar los parámetros del control del compostaje (oxigenación y relación C/N) a partir de residuos de cocina previamente balanceados en su contenido bromatológico, producidos en unidades residenciales de la ciudad de Neiva. Se realizó una encuesta dirigida a una comunidad residencial de la ciudad de Neiva-Huila sobre la disposición de los residuos domiciliarios, posteriormente se evaluaron tres tipos de compostaje con base en la oxigenación y la relación carbono nitrógeno (C/N) de la pila. En el análisis estadístico se consideró el factor temperatura (variable dependiente) vs cada uno de los tratamientos (Tr1, Tr2 y Tr3), hasta terminar su descomposición al cabo de 75 días de análisis. Los tratamientos con una relación inicial C/N entre 25 y 30 presentaron temperaturas más elevadas y, por ende, demostraron ser los más benéficos al proceso de sanitización útil en la reducción de microorganismos patógenos en el compost. Además se observó una maduración del compost en menor tiempo con el sistema de biodigestor rotativo horizontal.

### Palabras claves:

compostaje, relación C/N, residuos de cocina, temperatura.

## Abstract

Organic solid waste is a source of raw material for the production of soil conditioners that, thanks to a decomposition and composting process, are used in small-scale food production. However, the production process depends on the proper handling and disposal of waste because of the variations in the different stages of the composting process. The objective of this study is to evaluate the parameters of composting control (oxygenation and C / N ratio) from kitchen waste previously balanced in its bromatological content, produced in residential units in the city of Neiva. A survey was conducted in a residential community in the city of Neiva, Huila on the disposal of household waste, subsequently three types of composting were evaluated based on oxygenation and the carbon nitrogen (C / N) ratio of the pile. In the statistical analysis, the temperature factor (dependent variable) vs each of the treatments (Tr1, Tr2 and Tr3) was considered until its decomposition was completed after 75 days of analysis. Treatments with an initial C / N ratio between 25 and 30 presented higher temperatures and, therefore, proved to be the most beneficial to the sanitization process useful in reducing pathogenic microorganisms in the compost. In addition, the compost matured in less time with the horizontal rotary biodigester system.

## Keywords:

composting, C / N ratio, kitchen waste, temperature.

---

## Introducción

El crecimiento acelerado de la población mundial, la concentración de la población en zonas urbanas y los cambios de consumo provocan el aumento de la tasa de eliminación de residuos, ocasionando la apertura de nuevos vertederos de residuos e incineradores (Castañeda & Rodríguez, 2017).

Un estudio del Banco Mundial y Planeación Nacional (2015) indica que:

... si se continúa con la misma dinámica de generación de residuos, sin adecuadas medidas para mejorar su aprovechamiento o tratamiento, y con patrones de producción y consumo insostenibles, en el año 2030 tendremos emergencias sanitarias en la mayoría de ciudades del país y una alta generación

de emisiones de gases de efecto invernadero (citado por Huenchuan & Rivera, 2019).

En este sentido, el reciclaje desde casa y la clasificación de los desechos según su naturaleza son una herramienta útil para mitigar el impacto ambiental producido por la generación de residuos (Semarnat, 2006), sobre todo si consideramos que el volumen de residuos generados será mayor en el futuro gracias, entre otras cosas, a que el proceso de urbanización sigue en aumento.

La elaboración de abono orgánico para el suelo, o compostaje, se realiza a partir de un proceso biológico aerobio, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia fácilmente biodegradable permitiendo la obtención de un fertilizante natural (abonos

orgánicos), acondicionador de suelos o biofertilizante. El abono orgánico es adecuado para la agricultura porque en las plantas ayuda a la absorción de agua y nutrientes mejorando las condiciones del sitio propicias para una óptima productividad. De esta manera se retribuyen de forma cíclica los nutrientes al suelo. En consecuencia, el compostaje protagoniza un papel importante en el sistema de reciclaje que revaloriza el residuo orgánico, produciendo un impacto ambiental positivo y mejorando las propiedades físicoquímicas y microbiológicas del suelo (Semarnat, 2006). No obstante, la producción de compostaje es un proceso que requiere de manejo y control adecuado para no generar olores indeseables y largos periodos de descomposición. La gestión sostenible de residuos sólidos domiciliarios es una alternativa de reutilización de residuos amigables con el medio ambiente (Castañeda & Rodríguez, 2017). En este contexto, el presente estudio evaluó los parámetros del control del compostaje (oxigenación y relación C/N) a partir de residuos de cocina previamente balanceados en el contenido bromatológico, producidos en unidades residenciales de la ciudad de Neiva, Colombia.

### Metodología

La metodología del estudio es de tipo descriptivo. Inicialmente, se realizó un levantamiento de datos vía encuesta para definir las características de la muestra proveedora del material orgánico generado a partir de residuos de cocina, para luego identificar los tipos de residuos y disponer la primera pila de descomposición. La encuesta fue totalmente anónima, las preguntas de la encuesta arrojaron información sobre las siguientes variables: Número integrantes en el hogar (Int\_Hogar), frecuencia de tiempo en labores de cocina (Frec\_Cocinar), tipo de verduras que consume con mayor frecuencia

(Residuos\_Verduras), tipo de frutas que consume con mayor frecuencia (Residuos\_Frutas), cantidad de huevos consumidos por semana (N\_Huevos), método de disposición de residuos (Residuos\_cocina) y el interés por implementar un sistema de aprovechamiento de residuos (Imp\_Aprovechamiento\_residuos). La muestra sobre la cual se aplicó la encuesta se compuso de 90 unidades residenciales de la ciudad de Neiva, Colombia.

A partir de los resultados de la encuesta se establecieron las materias primas con mayor participación en el modelo estadístico (residuos de naranja y plátano) (Figura 2), se definieron tres tratamientos diferenciados por dos tipos de oxigenación del compost (rotativo y volteo) y por la relación C/N inicial:

**Tr1:** Residuos de plátano + residuos de naranja + tamo de arroz, con una relación C/N inicial entre 25% y 30%, depositado en un digestor horizontal rotativo.

**Tr2:** Residuos de plátano + residuos de banano + residuos de naranja + residuos de tomate + residuos de pimiento, con una relación C/N inicial mayor a 35%, dispuesto en forma de pila.

**Tr3:** Gallinaza + Tamo de arroz, con una relación C/N inicial entre 25% y 30%, dispuesto en forma de pila.

Se efectuaron las evaluaciones periódicas de temperatura durante los procesos de compostaje, con una duración de 75 días.

**Evaluación del proceso de compostaje:** La evaluación en campo para el control de la temperatura se realizó en visitas periódicas al digestor rotativo horizontal y las pilas de compost, registrando los datos semanalmente durante los 75 días.

**Temperatura:** Las lecturas de temperatura se realizaron con un geotermómetro a 30 cm de profundidad en los distintos tratamientos, la toma de temperatura se registró en los

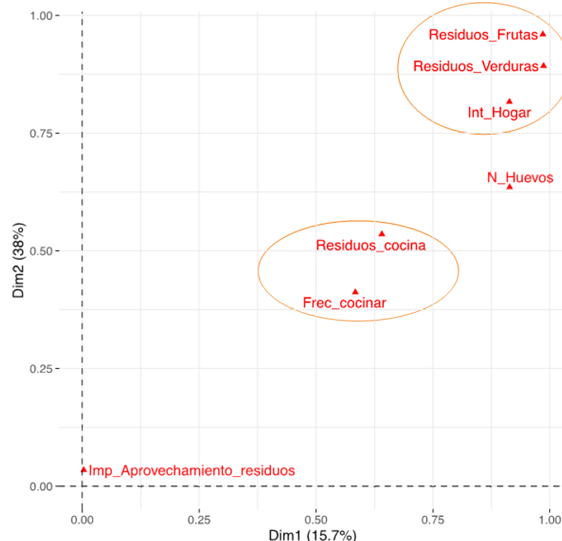
dos lados de la pila. Cada lado fue dividido en tres puntos en la parte media de la pila, registrándose en total seis lecturas de temperatura para cada pila.

**Análisis estadístico:** En el diseño estadístico se consideró el factor temperatura (variable dependiente) versus cada uno de los tratamientos (Tr1, Tr2 y Tr3), en una línea del tiempo hasta terminar su descomposición. En el diseño fue utilizado el análisis de correspondencia múltiple.

**Resultados y Discusión**

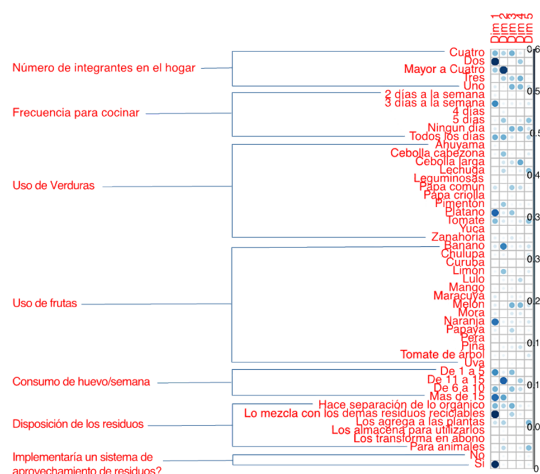
El análisis de correspondencia múltiple se aplicó para las variables Int\_Hogar, Frec\_Cocinar, Residuos\_Cocina, Residuos\_Frutas, Residuos verduras, N\_Huevos y Imp\_Aprovechamiento\_residuos, descritas en la Figura 1. Esta metodología permite resumir las asociaciones entre las diferentes categorías de cada variable en las primeras dos dimensiones, como podemos ver también en la Figura 1, debido a que el eje horizontal 15.7% y el eje vertical 38% presentaron un poder explicativo significativo del 53.7% de la variabilidad total del modelo.

Al observar los resultados del análisis de correspondencia múltiple entre variables, estos presentan una alta correlación entre la Frec\_cocinar y Residuos\_cocina, dado que cuando aumenta la frecuencia para cocinar (Figura 1), la disposición de los residuos tiende a aumentar, y por lo general aumenta la probabilidad de que acaben mezclados con los demás residuos reciclables (Figura 2). La otra correlación significativa entre variables corresponde a Int\_Hogar, Residuos\_Fruta y Residuos\_Verduras, donde podemos observar que existe un aumento proporcional de residuos de fruta y verduras determinado por el número de integrantes del hogar (Figura 1).



**Figura 1:** Análisis de correspondencia múltiple sumando elipses de correlación entre variables.

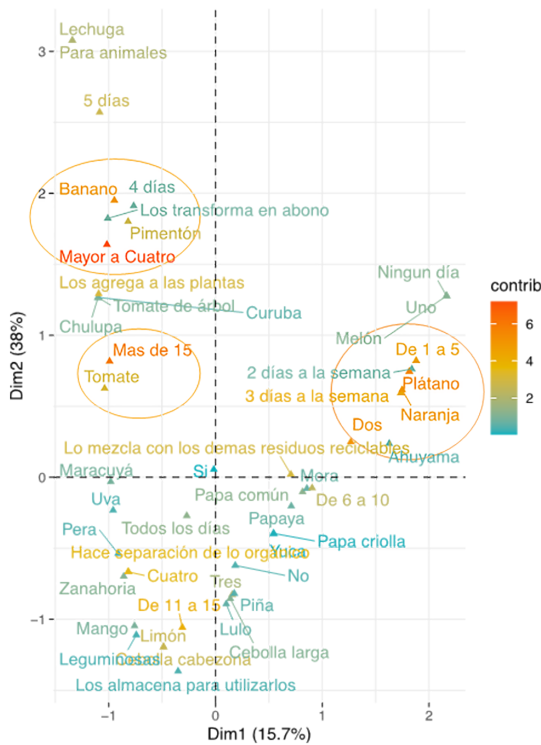
La Figura 2 muestra la participación de cada categoría en las dimensiones del modelo. Algunas medidas de tendencia central observadas en las variables son las siguientes: Uso de verduras (plátano), uso de frutas (naranja), número de integrantes en el hogar (2), frecuencia para cocinar (3 días a la semana), disposición de los residuos (lo mezcla con los residuos reciclables), deseo de implementar un sistema de aprovechamiento de residuos (sí).



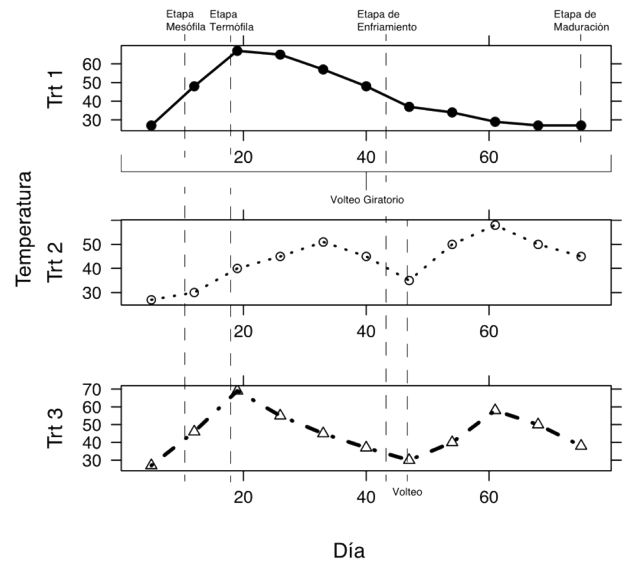
**Figura 2:** Cos2 de categorías de filas en todas las dimensiones, residuales estandarizados de cada casilla y su contribución.

Según los resultados, el hogar representativo de la muestra se compone de dos personas que cocinan tres veces por semana, los residuos orgánicos que más generan son plátano y naranja, estos residuos se mezclan con los residuos reciclables. De acuerdo con las cifras del Banco Latinoamericano de Desarrollo (Sturzenegger, 2014) el 53.5 % de las familias neivanas encuestadas por GEOMAAC están generando 2.94 Kg de residuos orgánicos no reciclables por semana. Sin embargo, al grupo encuestado le gustaría implementar un sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos en casa.

Se eligieron los residuos con mayor contribución en el modelo estadístico, es decir, fruta (naranja) y verdura (plátano) en las dos dimensiones (Figura 3) para conformar el tratamiento 1 (Trt1). Al tratamiento 1 se le agregó una fuente de carbono (tamo de arroz) para estabilizar la relación 25/1 a 30/1 (C/N).



**Figura 3.** Relación entre categorías (análisis de correspondencia múltiple), y contribución en el modelo.



**Figura 4.** Variación de la temperatura durante el proceso de compostaje

El segundo tratamiento (Trt2) se realizó con la mayor contribución en el modelo estadístico de la Figura 3, en los cuales las categorías de residuos de (plátano, tomate, pimentón, naranja y banano), pertenecientes a las variables de residuos de fruta y verdura, se calcularon en una relación C/N menor a 15/1. En el tercer tratamiento (Trt3) se estableció una relación C/N entre 25/1 a 30/1 a partir de una mezcla de gallinaza, hojarasca y tamo de arroz como tratamiento control.

Los tratamientos Trt 1 y Trt 3 fueron los primeros en superar los 40°C. en un periodo de ocho días y registraron las temperaturas más elevadas en comparación a Trt 2 (Figura 4) debido a la generación de calor microbiano que es activado por el contenido de carbono disponible (Alkoaik, 2019). Para superar los 40°C., el Trt 2 tardó una semana más, lo que indica un proceso de descomposición relativamente menos eficiente, dado que la temperatura del compost se puede utilizar como medida indirecta de actividad microbiana (Tchobanoglous, 2002). Además, la relación C/N desbalanceada indica un retraso en la activación enzimática por parte de los microorganismos (Sun et al., 2011).

En la etapa termófila, el Trt 1 presentó una temperatura alta por un periodo de tiempo mayor que los demás tratamientos, esto se debe a la mezcla de materiales dentro del biorreactor giratorio horizontal que genera una distribución uniforme de la temperatura de compost, mejorando las reacciones exotérmicas y el aumento de la descomposición de la materia orgánica disponible mediante la actividad microbiana (Alkoaik, 2019).

Los Trt 1 y Trt 3 en la etapa termófila registraron temperaturas máximas de 65 y 68°C. respectivamente, consideradas optimas (Tchobanoglous, 2002) debido a que temperaturas por encima de los 65°C pueden sanitizar patógenos, microorganismos benéficos y la actividad enzimática encargada de la degradación. Además, las altas temperaturas pueden evaporar el contenido de humedad de la pila generando vapores con olores (amoniacal fuerte) de una descomposición equivocada (Escobar et al., 2012).

Se observó que durante la etapa de enfriamiento el Trt 2 (sin aporte de materia rica en carbono) aún registraba temperaturas elevadas encima de los 35°C, al contrario de los tratamientos Tr1 y Tr3, que mostraban

un descenso de temperatura hasta alcanzar temperaturas próximas a las del medio ambiente, lo cual es un indicador para realizar el primer volteo y riego en los Tr2 y Tr3. Después de realizados los volteos, las pilas de los tratamientos Tr2 y Tr3 generaron de nuevo calor por un período de tiempo menor. Sin embargo, el Trt1 a pesar de la rotación presentó reducción en su temperatura hasta alcanzar la temperatura ambiente, estas características se consideran propias de un proceso en fase de maduración.

### Conclusiones

Se puede concluir que los tres tratamientos evaluados presentaron características que permitieron diferenciar las etapas mesófila de la termófila durante la evaluación de la temperatura. Sin embargo, solo en el tratamiento Trt1 se pudo diferenciar con claridad la etapa de maduración. A lo largo de la etapa termófila, los tratamientos Trt1 y Trt3, con mayor aporte de carbono 25/1 a 30/1 (C/N), alcanzaron las temperaturas más elevadas por encima de los 60°C salvaguardando la sanitización del compost útil para la reducción de microorganismos patógenos.

---

### Referencias bibliográficas

- Alkoaik, F. N. (2019). Integrating aeration and rotation processes to accelerate composting of agricultural residues. *PloS one*, 14(7), e0220343.
- Castañeda, S., & Rodriguez, J. P. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Escobar, F., Sánchez, J., & Azero, M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. *Acta Nova*, 5(3), 390-410.
- Guerrero, K. S. (2013). Diseño, construcción y operación de una compostera doméstica para el tratamiento de residuos sólidos

- orgánicos de la ciudad de Quito. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de ciencias de la Vida, Ingeniería de Biotecnología.
- Huenchuan, S. & Rivera, E. (2019). Experiencias y prioridades para incluir a las personas mayores en la implementación y seguimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.
- Semarnat (2006). Manual de compostaje municipal: tratamiento de residuos sólidos urbanos. México: secretaria de medio ambiente y recursos naturales de México, Instituto de Ecología (INE) de México.
- Sturzenegger, G. (2014). BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Recuperado el mayo de 2020, de <https://blogs.iadb.org/>: <https://blogs.iadb.org/agua/es/sabes-cuanta-basura-generas-en-undia/>
- Sáez, A., Urdaneta G. & Joheni A, (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe Omnia, vol. 20, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, pp. 121-135 Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- Sun, W., Huang, G.H., Zeng, G., Qin, X., Yu, H., (2011). Quantitative effects of composting state variables on C/N ratio through GA-aided multivariate analysis. *Sci. Total Environ.* 409, 1243–1254. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.12.023>.
- Tchobanoglous, G. (2002). Handbook of solid waste management. New York: McGraw-Hill. United States.