

# Monitoreo del proceso de compostaje a partir de residuos cítricos y de café, en condiciones climáticas de Misantla, Veracruz



## Colaboración

Neira Sánchez Zárate; Silvia Ordaz Bernabe; Yovani López González; Alan Antonio Rico Barragán. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 02 febrero del 2023

Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2023

**RESUMEN:** El uso de los fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a que la mayoría de los suelos tienden a tener baja fertilidad, por lo cual, hacer uso de estos en cantidades adecuadas es de vital importancia para la agricultura. El objetivo principal de este trabajo fue estudiar el uso de residuos orgánicos de naranja y café a través del proceso de compostaje, de igual manera evaluar el proceso de compostaje de las fuentes orgánicas a través de análisis físico-químicos. Se evaluaron tres tratamientos los cuales se elaboraron con mezclas de residuos de naranja y residuos de café, adicionalmente se les agregó cal dolomítica para neutralizar la acidez de los residuos. Las unidades experimentales que se evaluaron para la primera etapa de este proyecto fueron parámetros de monitoreo del proceso de compostaje como el pH, humedad, temperatura, conductividad eléctrica. Los resultados mostraron que el tratamiento 1, que consistió en una mezcla de 50% de pulpa de café y 50% de residuos cítricos, fue el más favorable, con un pH promedio de 7.2, una temperatura promedio de 31°C, una humedad promedio del 60% y una conductividad eléctrica promedio de 150 mS/cm.

**PALABRAS CLAVE:** Compost, residuos orgánicos, abonos orgánicos.

**ABSTRACT:** The use of fertilizers has become indispensable due to the fact that the majority of soils tend to have low fertility, making it vital to use them in adequate quantities for agriculture. The main objective of this study was to investigate the use of organic waste from oranges and coffee through the composting process, as well as to evaluate the composting process of these organic sources through physicochemical analysis. Three treatments were evaluated, which were prepared using mixtures of orange waste and coffee waste, with the addition of dolomitic lime to neutralize the acidity of the waste. The experimental units evaluated in the first stage of this project included monitoring parameters of the composting process such as pH, moisture, temperature, and electrical conductivity. The results indicated that treatment 1, consisting of a 50% mixture of coffee pulp and citrus waste, was the most favorable, with an average pH of 7.2, an average temperature of 31°C, an average moisture content of 60%, and an average electrical conductivity of 150 mS/cm. These findings demonstrate the viability of using these organic waste materials as a sustainable and efficient option to improve soil fertility in agriculture.

**KEYWORDS:** Compost, organic wastes, organic fertilizers.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo de la industria de cítricos conlleva a la generación de residuos los cuales no se le da un tratamiento adecuado debido a la falta de interés por parte de la población ya que no es considerado un residuo de manejo especial, sin embargo, las grandes cantidades de estos residuos tienen impactos negativos a la salud humana [11]. Algunas de las consecuencias que podemos encontrar es el uso excesivo de los fertilizantes en la actividad agrícola a causa de la contaminación difusa, definida por el exceso de nitratos y nitritos de manera superficial o subterránea, esto trae problemas de salud e impactos al ambiente,

principalmente la contaminación de mantos acuíferos [8, 12, 10]. Debido a que los fertilizantes nitrogenados son los más comercializados, se recomiendan llevar a cabo una aplicación indiscriminada, generando un mal manejo que resulta en el deterioro de la calidad del suelo y de las aguas subterráneas [4]. Actualmente podemos encontrar alternativas como el composteo, lombricomposteo, y muchas otras variables para contribuir a la disminución del uso de agroquímicos [15,4], favoreciendo a una agricultura más accesible con el medio ambiente. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo principal estudiar el comportamiento de los desechos orgánicos de la cáscara de naranja y el bagazo, con el fin de desarrollar un abono orgánico que contribuya a una agricultura sustentable. Además, se buscó innovar mediante la incorporación de mezclas de residuos cítricos y de café en diferentes porcentajes, así como la dosificación de materiales ricos en calcio para neutralizar la acidez inherente a estos residuos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Ubicación geográfica del área experimental

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de Instituto Tecnológico Superior de Misantla (ITSM) en las coordenadas 19°57' latitud norte y 96°50' longitud oeste, los análisis físicos y químicos del monitoreo del proceso de compostaje se realizaron en el Laboratorio de Investigación Ambiental Aplicada LIAAp del Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

### Selección de la materia prima

Para llevar a cabo la preparación del tratamiento se seleccionó la materia prima que consistió en desechos de naranja (cáscara y el bagazo), esta materia prima se obtuvo de las agroindustrias cítricas de Martínez de la Torre, Veracruz.

Para la preparación del tratamiento a usar debido a que se usará la cáscara de naranja fue necesario bajar los niveles de acidez por lo que se hizo un tratamiento con cal dolomítica y cal viva para que la acidez de estos residuos no interfiera en el proceso de fermentación afectando al microorganismo, posteriormente se comparó la eficiencia entre cada método.

### Preparación de los tratamientos a evaluar

Una vez establecido el pretratamiento de los residuos cítricos, se mezclaron con residuos de pulpa de café, obteniendo así tres tratamientos con cinco repeticiones cada uno, lo que resultó en un total de 30 unidades experimentales en contenedores de 20 L de volumen. Las mezclas de los tres tratamientos quedaron de la siguiente manera, en base a volumen/volumen: T1: 50% de residuos de cítricos y 50% de pulpa de café; T2: 70% de residuos de cítricos y 30% de residuos de pulpa de café; T3: 80% de residuos de cítricos y 20% de pulpa de café.

Para neutralizar la acidez, se requirió la adición de 100g de cal dolomítica y 200g de cal viva por cada 20 kg de materia orgánica, con el objetivo de evitar que la acidez de los residuos interfiriera en el proceso de compostaje.

### Monitoreo de los tratamientos

Durante el proceso de compostaje, se llevó a cabo un riguroso monitoreo semanal de los diversos parámetros a lo largo de dos meses, realizando las pruebas de laboratorio cada tercer día. Se procedió a medir el pH, la temperatura, la humedad y la conductividad eléctrica (C.E). Al culminar el proceso de monitoreo, se efectuó la evaluación de la textura, densidad real, materia orgánica y N, P, K para comprobar la madurez del compost obtenido.

El pH fue determinado empleando el método electrométrico, mientras que la humedad se cuantificó con el método gravimétrico. La medición de la C.E. se llevó a cabo utilizando el método de saturación de suelos. Para registrar la temperatura de manera precisa, se utilizó un confiable termómetro de vidrio.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico, empleando una prueba de medias Tukey ( $p < 0.05$ ), con el objetivo de extraer conclusiones confiables y significativas.

## RESULTADOS

### Pretratamientos de las muestras

Los resultados de pH antes del tratamiento se pueden observar en la Tabla 1. Se puede ver que el pH de la cáscara de naranja se encuentra en el rango de pH ácido, por lo que fue necesario corregir el pH en la cáscara de naranja para que esta no interfiera en el proceso de degradación. Por otro lado, los valores de conductividad eléctrica para los residuos se encuentran entre  $140.7\mu\text{S}/\text{cm}$  a  $125.5\mu\text{S}/\text{cm}$ , la conductividad eléctrica está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso [9, 14].

Tabla 1. Determinación de pH y conductividad eléctrica antes del tratamiento.

Residuo	pH	Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
Cáscara de naranja	3.59	140.7
Cáscara de café	7.29	120.8

El pH obtenido después de pretratamiento fue de 6.76 el cual es más viable para la degradación de la composta, sin embargo, el pH de la materia prima debe de ser lo más neutro posible debido a que los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica no toleran valores muy alejados del 7. Si esto se produce, el proceso se detendría o se ralentizaría notablemente [9, 6].

Tabla 2. Determinación de pH y conductividad eléctrica después del pretratamiento.

Residuo	pH	Conductividad eléctrica (μS/cm)
Cáscara de naranja	6.76	125.5

### Monitoreo de pH

En la Figura 1 se observa el monitoreo de pH en el tratamiento de la composta a partir de un periodo de once semanas evaluadas. Iniciando el proceso del compostaje con un pH 6.76 y finalizando con un pH máximo de 7.99. El valor del pH depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso de compostaje [5]. En los primeros días se pudo observar la fase Mesófila del compostaje, comenzando el primer día y terminado el día 14 después de haber establecido los tratamientos.

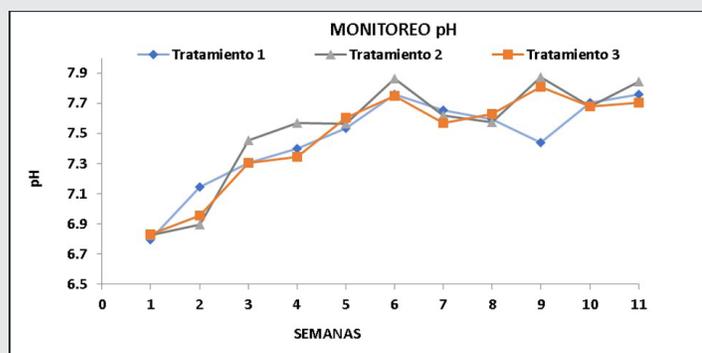


Figura 1. Comportamiento de pH de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje.

### Temperatura

La Figura 2 representa los resultados del comportamiento de la temperatura evaluada en un periodo de once semanas, se puede observar que este proceso inició en 30°C alcanzando una temperatura máxima de 45°C en la fase mesófila. En la gráfica se puede observar que el tratamiento 3 incrementó su temperatura drásticamente al tercer día, alcanzando una temperatura de 45°C de acuerdo con este comportamiento, el tratamiento inicio la fase mesófila el día 3 ya que a partir del día 4 se observan decrementos de temperatura. La temperatura es un parámetro útil que permite dar seguimiento al proceso de descomposición de la materia orgánica [12].

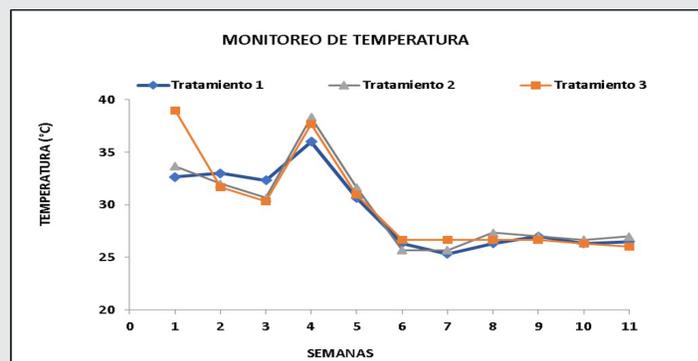


Figura 2. Comportamiento de temperatura de los tratamientos evaluados durante las semanas del proceso de compostaje.

### Humedad

El porcentaje de humedad en cada tratamiento varió debido a las distintas composiciones de los 3 tratamientos, La humedad es un parámetro indispensable ya que para los diferentes microorganismos es donde viven y se alimentan, si se tiene una humedad alta el proceso no se lleva a cabo y si es baja no hay producción de microorganismo es por ello por lo que se debe tener muy en cuenta la humedad en el proceso de compostaje [7]. Por otro lado, la humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje [6].

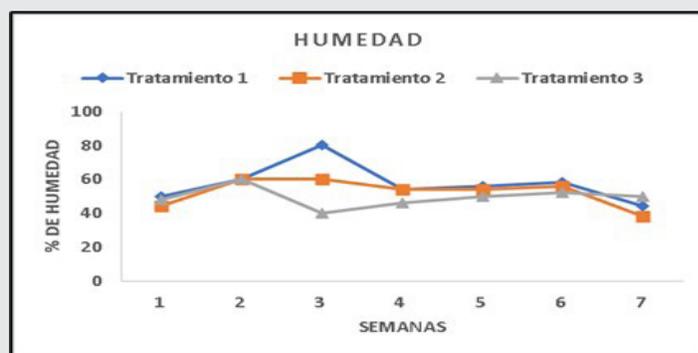


Figura 3. Comportamiento de humedad de los tratamientos evaluados en el proceso de compostaje.

### Conductividad eléctrica

Los resultados de la conductividad eléctrica los cuales se obtuvieron haciendo esta prueba al término de las once semanas. Al inicio del proceso del compostaje los tres tratamientos mostraron una conductividad eléctrica similar. Como se puede observar en los tres tratamientos al inicio del proceso de compostaje muestran una conductividad semejante en un rango de 118.6μS/cm a 125.5μS/cm y esta tiende a disminuir a partir del día 3, sin embargo, el tratamiento 3 fue más bajo a comparación de los otros dos tratamientos mostrando un valor de 91.3μS/cm, a partir del día 5 los tres tratamientos mostraron un incremento y a partir de este, su comportamiento fue distinto al resto

del proceso de degradación. La conductividad eléctrica es determinada por la naturaleza y composición de los materiales que se utilicen, esta aumentará en el proceso de compostaje al igual que disminuirá debido a la lixiviación y exceso de humedad [16, 15].

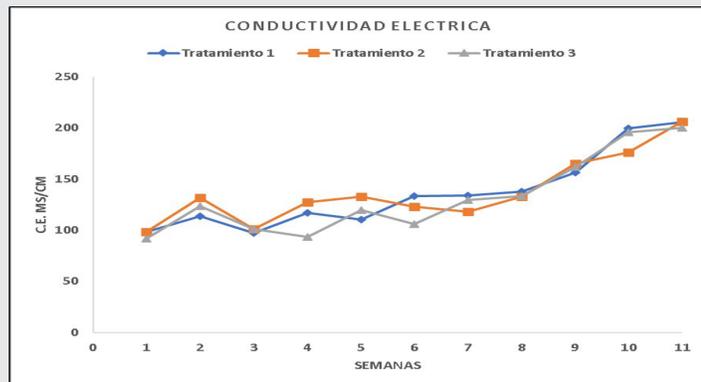


Figura 4. Comportamiento de conductividad eléctrica de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje.

## CONCLUSIONES

El monitoreo del proceso de compostaje de residuos cítricos, el tratamiento T1 fue el más estable en el monitoreo de los parámetros físico-químicos a lo largo del proceso del compostaje, sin embargo, al final del proceso los tratamientos T2 y T3 presentaron parámetros similares. De acuerdo con lo anterior el tratamiento T1 fue el que mejor se ajustó a los parámetros ideales de las fases de compostaje (fase mesófila, termófila, mesófila 2).

Es posible llevar a cabo la producción de compostaje de residuo cítricos teniendo un buen tratamiento de neutralización de acidez utilizando cal dolomítica o cal viva.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Alpizar, L. H., Molina, J. M., & Herrera, R. C. (2020). Monitoreo de nitratos en los drenajes de palma aceitera (*Elaeis guineensis*): una herramienta para la sostenibilidad del cultivo. *UNED Research Journal*, 12(1), e2807-e2807.

[2] Bailón-Rojas, M. R., & Florida-Rofner, N. (2021). Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE*, 12(1), 1-11.

[3] Barrios, M., García, J., & Basso, C. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de nitrato y amonio en el suelo y la planta de maíz. *Bioagro*, 24(3), 213-220. [fecha de Consulta 1 de Febrero de 2023]. ISSN: 1316-3361.

[4] Castilla-Hernández, P., Cárdenas-Medina, K., Hernández-Fydrych, V., Fajardo-Ortiz, C., & Meraz-Rodríguez, M. (2016). COMPOST LEACHATES TREATMENT IN A TWO-PHASE ACIDOGENIC-ME-

THANOGENIC SYSTEM FOR BIOFUELS PRODUCTION. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(1), 175-183.

[5] Duarte Medina, I., Bustos Bustos, E., & Teutli León, M. (2014). Compost Aided Electrokinetic Remediation of an Hydrocarbon Polluted Soil. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 58(3), 343-347.

[6] García-Ramos, C., Arozarena-Daza, N. J., Martínez-Rodríguez, F., Hernández-Guillén, M., Pascual-Amaro, J. A., & Santana-Gato, D. (2019). Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados agropecuarios. *Cultivos Tropicales*, 40(2).

[7] Hernández-Espriú, A., Domínguez-Mariani, E., Reyna-Gutiérrez, J. A., Martínez-Santos, P., Sánchez-León, E., & Marín, L. E. (2013). Nitrate mass balance in agricultural areas of intensive fertilizer application: the North Maresme aquifer system case study (Spain). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(1), 39-50.

[8] Millán, F., Prato, J. G., La Cruz, Y., & Sánchez, A. (2018). Estudio metodológico sobre la medición de pH y conductividad eléctrica en muestras de compost. *Revista Colombiana de Química*, 47(2), 21-27.

[9] Morales-Arredondo, I., Flores-Ocampo, I. Z., Armienta, M. A., Morán-Ramírez, J., Hernández-Hernández, M. A., & Landa-Arreguin, J. F. (2020). Identificación de las fuentes de nitratos mediante métodos hidrogeoquímicos e isotópicos en el agua subterránea del Bajío Guanajuatense. *Geofísica internacional*, 59(3), 169-194.

[10] Nair, L. G., Agrawal, K., & Verma, P. (2022). An overview of sustainable approaches for bioenergy production from agro-industrial wastes. *Energy Nexus*, 100086.

[11] Ruiz Buitrago, J. D., Villar Argañiz, D., Correa, H. J., Noreña Grisales, J. M., Roldán, M., & Ríos, J. C. (2014). Levels of nitrates in a urea fertilized Kikuyu (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone) pasture on the high plains of Antioquia, Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 9(1), 52-57.

[12] Soto-Paz, J., Oviedo-Ocaña, R., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellón, L. F., & Manyoma-Velásquez, P. C. (2017). Compostaje de biorresiduos: Tendencias de investigación y pertinencia en países en desarrollo. *Dyna*, 84(203), 334-342.

[13] Vázquez, P. V., López, M. Z. G., Cortez, M. C. N., & Hernández, D. G. (2015). Efecto de la

composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Mexicana de Agrobusiness*, 36, 1351-1356.

[14] VICENCIO-DE LA ROSA, M. G., PÉREZ-LÓPEZ, M. E., MEDINA-HERRERA, E., & MARTÍNEZ-PRA-DO, M. A. (2011). Producción de composta y vericomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(3),263-270.

[15] Vich, D. V., Miyamoto, H. P., Queiroz, L. M., & Zanta, V. M. (2017). Household food-waste composting using a small-scale composter. *Revista Ambiente & Água*, 12, 718-729.

[16] Vital Vich, D., Pires Miyamoto, H., Matos Queiroz, L., & Zanta, V. M. (2017). Household food-waste composting using a small-scale composter. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 12(5),718-729.