




# Compostaje de estiércol ovino mezclado con borra de café: una alternativa sustentable

Fernando, Salomón-Valerio<sup>1</sup>; Rosa Nashiely, Morales-Ramírez<sup>1</sup>; Joel, Velasco-Velasco<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México Campus Tierra Blanca. Av. Veracruz S/N Esq. Héroes de Puebla, Colonia Pemex, Tierra Blanca, Veracruz, México. C.P. 95180.

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348. Congregación Manuel León, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94953.

\* Autor para correspondencia: joel42ts@colpos.mx

## Problema

La gestión sostenible de los residuos orgánicos se ha convertido en un reto debido al crecimiento poblacional derivado de la demanda creciente de alimentos. Los residuos agrícolas se generan en todos los eslabones del sistema agroalimentario desde la producción primaria, transformación y mercadeo. En este contexto, la agroindustria de café a través de su cadena de producción genera diferentes desechos orgánicos comúnmente utilizados en procesos de compostaje tales como: pulpa, cáscara y piel plateada del café; no obstante, poca atención para reciclaje se ha puesto en los pozos o borra de café. Este residuo orgánico es importante en la agroindustria ya que se generan aproximadamente 650 kg por una tonelada de café verde. Este subproducto muchas veces termina en vertederos a cielo abierto o como relleno sanitario en las zonas rurales, generando efectos adversos en los ecosistemas y contaminación ambiental. Sin embargo, debido a la disponibilidad inmediata y que no requieren de procesos adicionales, es un desecho importante para la generación de abonos orgánicos.

Por otra parte, la industria ganadera genera un gran volumen de estiércol diariamente (2-3 kg por cada 100 kg de peso de animal), mismo que es amontonado dentro y fuera de los corrales. El manejo irresponsable del estiércol puede generar problemas de lixiviación, escurrimiento y emisión de gases de efecto invernadero; además de la contaminación del suelo y la eutrofización. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes dosis de posos de café y estiércol ovino en la calidad físico y química de la composta.

## Solución planteada

El compostaje tradicional en pilas estáticas con aireación es un método biológico de gestión de residuos orgánicos, tiene bajos costos operativos y es amigable con el am-

**Cómo citar:** Salomón Valerio, F., Morales-Ramírez, R. N., & Velasco-Velasco, J. Compostaje de estiércol ovino mezclado con borra de café: una alternativa sustentable. *Agro-Divulgación*, 5(3). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i3.471>

**Editores académicos:** Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iniguez.

Publicado en línea: Diciembre 2025.

*Agro-Divulgación*, 5(3). Mayo-Junio. 2025. pp: 29-34.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



biente. Los factores determinantes para obtener un producto final de calidad son: la relación C/N entre 20:1 y 30:1; tamaño de la partícula (<2 cm), contenido de humedad (65 a 70%), aireación (concentración de oxígeno alrededor del 10 %), pH (entre 6 y 8) y temperatura (>45 °C por un periodo mínimo de 96 h). El producto final del proceso de compostaje debe ser de color oscuro, de estructura granular con olor a tierra mojada y con alta carga microbiana, tanto microorganismos solubilizadores de nutrientes como reguladores de crecimiento vegetal. Puede considerarse como un biofertilizante de síntesis orgánica, aquel que aplicado al suelo genera un incremento en el contenido de materia orgánica y por lo tanto mejora su fertilidad, estructura y retención hídrica, previniendo la erosión y degradación, además de disminuir el uso excesivo de fertilizantes químicos, ya que contiene macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes indispensables para el crecimiento de las plantas.

Se estableció un sistema abierto de pilas estáticas de compostaje y aireación manual a través de volteos periódicos. Las proporciones de borra de café y estiércol ovino para cada tratamiento fueron las siguientes: T1: 75 % borra de café y 25 % estiércol ovino; T2: 50 % borra de café y 50 % estiércol ovino y T3: 25 % borra de café y 75 % estiércol ovino (Figura 1).

Los tratamientos se evaluaron durante 90 días, tomando las siguientes variables: pH, humedad (%) y temperatura (°C). La emisión de CO<sub>2</sub> se evaluó como un indicador de la actividad microbiana, la cual se cuantificó a través de la captura del CO<sub>2</sub> liberado durante el primer mes del proceso. Se llevó un control y registro del pH y humedad de los tratamientos, cada 15 días durante los 3 meses del proceso de compostaje. Los datos fueron recolectados en bitácora de campo para posteriormente realizar un análisis de varianza (ANOVA) con el programa estadístico SAS 9.4 (*Statistical Analysis System*).

**pH:** El análisis inicial mostro que la borra de café tuvo un pH de 5.75 y el estiércol ovino de 8.59. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, el mayor pH se observó en el tratamiento con 25% de borra de café y 75% de estiércol (T3) con valores de  $8.43 \pm 0.02$ . El estiércol fue un factor determinante sobre

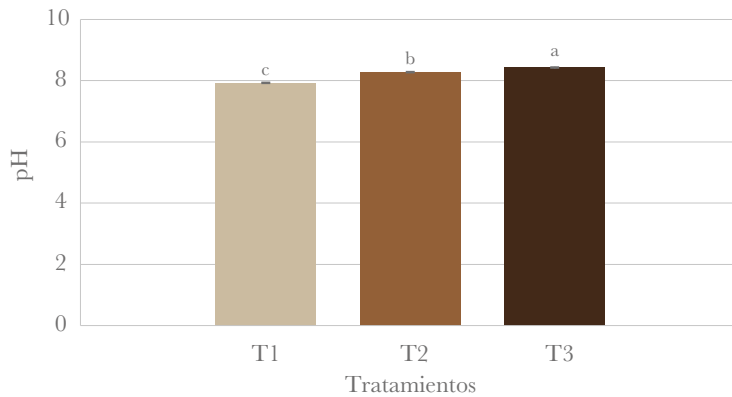


**Figura 1.** Elaboración de compostas con los diferentes tratamientos.

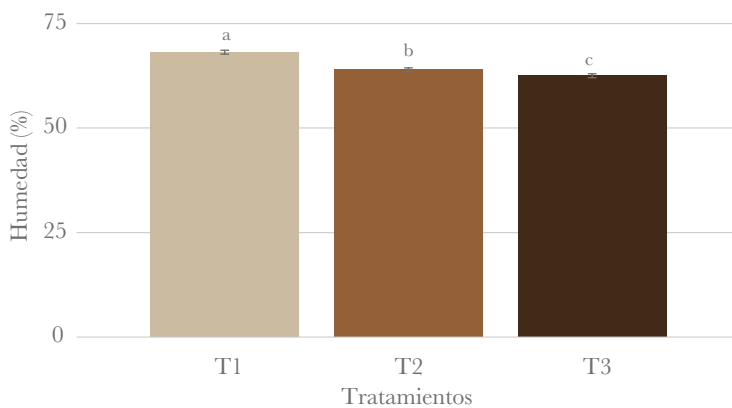
el pH durante el proceso de compostaje lo que se reflejó en la composta como el producto final (Figura 2).

**Humedad (%):** El análisis mostró un contenido de humedad del 71.8% en la borra de café y 68.6% en el estiércol ovino. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, el mayor porcentaje de humedad se encontró en el T1 obteniendo  $68.16 \pm 0.47$ , tratamiento que correspondió a una mezcla de 75% borra de café y un 25% estiércol ovino, esto se atribuye a la elevada proporción de borra de café y su alta capacidad de retención de agua (Figura 3).

**Temperatura (C):** El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, la mayor temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) se observó en el T1 con  $39.27 \pm 0.61$ , el cual correspondió a la mezcla de 75% borra de café y 25% estiércol ovino. La alta concentración de la borra de café y sus propiedades físicas y químicas posiblemente influyeron de manera determinante en la descomposición de los materiales orgánicos; la gráfica siguiente muestra la temperatura media durante todo el proceso de compostaje;



**Figura 2.** Valores de pH de los diferentes tratamientos (T1: 75% borra de café-25% estiércol ovino, T2: 50% borra de café-50% estiércol ovino, T3: 25% borra de café-75% estiércol ovino). Las barras sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (LSD,  $\alpha=0.05$ ).



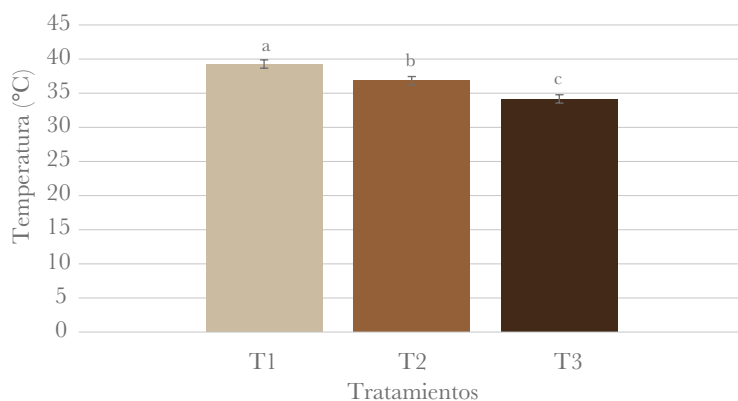
**Figura 3.** Contenido de humedad de los tratamientos (T1: 75% borra de café-25% estiércol ovino, T2: 50% borra de café-50% estiércol ovino, T3: 25% borra de café-75% estiércol ovino). Las barras sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (LSD,  $\alpha=0.05$ ).

no obstante, se observó que el T1 fue el más efectivo en alcanzar temperaturas mayores a  $>45\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante cuatro días, lo que permitió lograr la fase termófila del proceso, esta etapa es crucial para obtener un producto final saneado (libre de coliformes, semillas de arvenses y fitopatógenos). En contraste al T2 y T3 que no superaron temperaturas  $>40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 4).

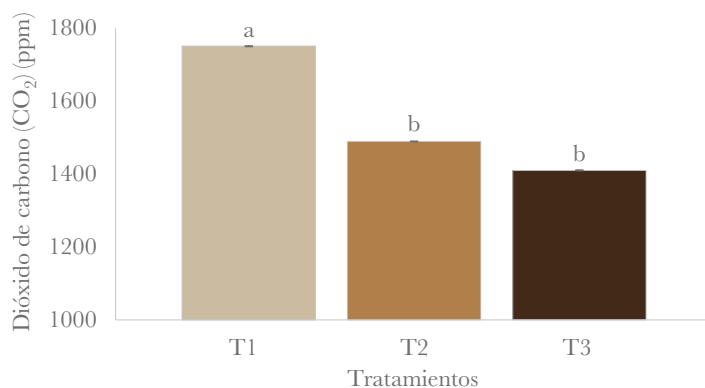
### Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

La medición de los niveles de dióxido de carbono se realizó cada tercer día durante el primer mes del experimento. Los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas, la mayor concentración de  $\text{CO}_2$  se encontró en el T1 obteniendo  $7.4676 \pm 0.050$  de  $\text{CO}_2$  (Figura 5).

**Análisis físicos y químicos de la composta final:** respecto a las propiedades físicas, el T2 (50% borra de café y 50% estiércol ovino) presentó mayor densidad aparente (Cuadro 1), lo cual favorece la interacción entre microorganismos y materia orgánica, descomposi-



**Figura 4.** Temperatura de los tratamientos (T1: 75 % borra de café-25 % estiércol ovino, T2: 50 % borra de café-50 % estiércol ovino, T3: 25 % borra de café-75 % estiércol ovino) sobre la temperatura en el proceso de compostaje. Las barras sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (LSD,  $\alpha=0.05$ ).



**Figura 5.** Emisión de Dióxido de carbono de los tratamientos (T1: 75% borra de café-25% estiércol ovino, T2: 50% borra de café-50% estiércol ovino, T3: 25% borra de café-75% estiércol ovino). Las barras sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (LSD,  $\alpha=0.05$ ).

**Cuadro 1.** Análisis físicos y químicos finales de los tratamientos.

Variable	T1	T2	T3
pH	8.60	8.90	9.10
CE (dSm <sup>-1</sup> )	4.00	6.30	7.00
MO (%)	48.40	35.50	18.30
N (%)	3.00	3.20	3.20
P (%)	1.30	1.40	1.70
K (%)	1.00	1.40	1.50
Ca (%)	1.80	2.40	2.70
Mg (%)	0.80	1.10	1.20
Na (%)	0.50	0.60	0.70
CIC (Cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup> )	85.90	102.30	90.60
Fe (%)	0.50	0.40	0.40
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	97.50	58.00	65.25
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	53.00	24.25	58.50
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	1226.50	1177.25	1371.25
B (mg kg <sup>-1</sup> )	84.20	87.30	111.70
C:N	27.8	19.1	9.8
DA (g cm <sup>-1</sup> )	0.60	0.70	0.60

Potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), capacidad de intercambio catiónico (CIC), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B), relación carbono nitrógeno (C:N), densidad aparente (DA). T1: 75% borra de café-25% estiércol ovino, T2: 50% borra de café-50% estiércol ovino, T3: 25% borra de café-75% estiércol ovino.

ción y mayor retención de humedad, condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos benéficos. Con relación a las propiedades químicas, el T3 (25% borra de café y 75% estiércol ovino) presentó el mayor contenido de macronutrientes esenciales, por ejemplo: 1.7% de fósforo, 1.5% de potasio y 3.2% de nitrógeno, lo que sugiere una composta con buenas características nutrimentales para favorecer el desarrollo del cultivo; también mostró la mejor conductividad eléctrica respecto a los demás tratamientos, obteniendo 7.0 dS m<sup>-1</sup> y pH de 9.1. Esta condición de alcalinidad sugiere su aplicación en suelos ácidos (con pH menor a 6); esto contribuirá a amortiguar el pH y mejorará la disponibilidad de nutrientes; al mismo tiempo que genera un entorno propicio para el crecimiento de poblaciones de microorganismos benéficos en general. También ayudaría a reducir el riesgo de toxicidad por aluminio, ya que en suelos ácidos con pH menores a 5.5 se incrementa la concentración de este elemento en la solución del suelo y puede reducir la absorción de nutrientes tales como fósforo, potasio, calcio, magnesio, entre otros.

De acuerdo con los resultados de este trabajo, la selección del tratamiento dependerá del objetivo agronómico; mientras que, el T3 ofrece un mayor contenido de nutrientes, el T2 garantiza una mayor densidad aparente. El T1 destaca por alcanzar temperaturas superiores a los 45 °C que asegura su inocuidad, además presentó la mejor relación C:N respecto a los demás tratamientos, obteniendo una C:N de 27:8. De acuerdo con la lite-

ratura este valor se encuentra dentro del rango óptimo (25:1-30:1), lo que sugiere que un adecuado control de los factores determinantes (humedad, temperatura, pH, tamaño de partícula, otros) en el procesamiento y mineralización de la materia orgánica mejora la relación C:N en los sustratos orgánicos. Estos resultados aportan información importante para los procesos de optimización del compostaje y su aplicación en diferentes cultivos. Como recomendación final para el T2 y T3 es importante utilizar estiércol que no haya sido almacenado por más de 30 días, asegurar una relación C:N entre 20 y 30:1, un porcentaje de humedad del material entre 60-65%, realizar pilas de compostaje con más de 2 ton de material ya que esto incrementará las dimensiones de la pila y propiciará temperaturas mayores a 45 °C, asegurando la eliminación de microorganismos patógenos y coliformes en general (Cuadro 1).

### Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Productores independientes	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental Salud Pública	Competitividad Recursos Humanos Comercio	Numero de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Comunidades Agrarias	Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)				
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible		Terciario: Servicios que se prestan a la sociedad: Comercio, Transporte, Educación, Ocio, etc. Cuaternario: Servicios basados en el conocimiento que prestan industrias de las Tecnologías de Información y comunicación, de consultoría empresarial, de planificación financiera, de informática y de investigación científica. Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				