

Elaboración y caracterización fisicoquímica de un compost agropecuario como alternativa sostenible para la fertilización de suelos tropicales en Esmeraldas, Ecuador

Physicochemical Characterization and Production of an Agro-livestock Compost as a Sustainable Alternative for Soil Fertilization in Tropical Areas of Esmeraldas, Ecuador

Paulina Jessenia Colobon Realpe ¹, Alfredo Lesvel Castro Landin ²

¹ Universidad Estatal del sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. Email: jessenia.colobon@unesum.edu.ec

² Universidad Estatal del sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. Email: alfredo.castro@unesum.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.61236/ciya.v10i1.1230>

Recibido: 2 de septiembre de 2025 • Revisión aceptada: 6 de noviembre de 2025

Resumen

El estudio tuvo como objetivo desarrollar un abono orgánico tipo compost utilizando estiércol bovino y porcino, complementado con residuos vegetales y aditivos naturales, en la finca El Paraíso, cantón Rioverde, provincia de Esmeraldas (Ecuador). Se aplicó un diseño experimental con enfoque mixto, mediante un sistema abierto de compostaje en pilas trapezoidales de 2×2×1,5 m, con control de humedad (50–60 %) y volteo a los 45 días. El compost final presentó un pH neutro (7,0), una relación C/N de 14, y concentraciones de N (1,4 %), P (0,31 %) y K (2,07 meq/100 ml), parámetros que evidencian su madurez y calidad agronómica. Los resultados demuestran que el compostaje constituye una práctica eficaz para la valorización de residuos agropecuarios, al mejorar la fertilidad del suelo, reducir la dependencia de fertilizantes químicos y fomentar la sostenibilidad en pequeñas unidades rurales. Se recomienda una dosis de aplicación de 7,5 t/ha en cultivos de maíz (*Zea mays*), dadas sus propiedades fisicoquímicas favorables.

Palabras Clave: compostaje; abono orgánico; residuos agropecuarios; fertilidad del suelo; sostenibilidad agrícola.

Abstract

The aim of this study was to develop an organic fertilizer (compost) using bovine and swine manure combined with plant residues and natural additives at El Paraíso farm, Rioverde County, Esmeraldas Province, Ecuador. An experimental design with a mixed approach was applied through an open composting system using trapezoidal piles (2×2×1.5 m), maintaining humidity between 50–60 % and turning at day 45. The final compost showed a neutral pH (7.0), a C/N ratio of 14, and concentrations of N (1.4 %), P (0.31 %), and K (2.07 meq/100 ml), indicating maturity and high agronomic quality. Results demonstrate that composting is an effective practice for the valorization of agricultural and livestock residues, enhancing soil fertility, reducing dependence on chemical fertilizers, and promoting sustainability in small rural farms. An application rate of 7.5 t/ha is recommended for maize (*Zea mays*) due to its favorable physicochemical properties.

Key words: composting; organic fertilizer; agricultural residues; soil fertility; agricultural sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de los residuos orgánicos agropecuarios constituye uno de los principales problemas ambientales en los sistemas agrícolas de América Latina. La intensificación productiva, junto con el uso indiscriminado de fertilizantes químicos, ha provocado la pérdida progresiva de materia orgánica y nutrientes en los suelos, afectando su estructura y capacidad de retención hídrica [1], [2]. En este contexto, la gestión sostenible de residuos orgánicos se ha convertido en una estrategia clave para la mitigación del cambio climático y la promoción de la economía circular en el sector agropecuario [3].

A escala global, el compostaje se reconoce como una tecnología biotecnológica eficaz para transformar residuos animales y vegetales en enmiendas orgánicas estables, con alto valor agronómico y bajo impacto ambiental [4], [5]. Este proceso, basado en la actividad microbiana aeróbica controlada, permite la mineralización gradual de la materia orgánica y la estabilización del carbono y nitrógeno, factores esenciales para la recuperación de la fertilidad edáfica [6]. Investigaciones recientes han demostrado que los composts maduros contribuyen a incrementar el contenido de carbono orgánico, mejorar la capacidad de intercambio catiónico y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la agricultura intensiva [7], [8].

En América Latina, los avances en compostaje se han orientado hacia la valorización de residuos locales y la adaptación de tecnologías de bajo costo. Estudios realizados en Perú, México y Colombia evidencian mejoras significativas en la calidad de suelos y rendimientos agrícolas mediante la aplicación de compost proveniente de estiércol y residuos vegetales [9]–[11]. En Ecuador, Jara-Samaniego et al. [12] destacan la efectividad del compostaje comunitario como alternativa viable para la gestión de residuos sólidos orgánicos en zonas rurales, reduciendo su disposición en vertederos y fortaleciendo las prácticas agroecológicas locales. Más recientemente, Valenzuela y Pino [13] demostraron que el compost elaborado con materiales locales en la costa ecuatoriana mejora la disponibilidad de nitrógeno y fósforo en suelos tropicales, con impactos positivos sobre el rendimiento del maíz y del banano.

A nivel nacional, sin embargo, persisten vacíos en la aplicación de procesos técnicos de compostaje a escala familiar o en microfincas rurales, donde los residuos agropecuarios suelen eliminarse sin tratamiento, generando lixiviados y emisiones de metano. El cantón Rioverde, en la provincia de Esmeraldas, es representativo de esta problemática: la mayoría de las fincas mixtas carecen de infraestructura o capacitación técnica para el aprovechamiento de estiércol y residuos

vegetales, lo que genera impactos ambientales y pérdidas de nutrientes aprovechables.

El compostaje se presenta como una solución técnica apropiada, adaptable a las condiciones rurales ecuatorianas, que permite obtener abonos de calidad, mejorar la fertilidad del suelo y disminuir la dependencia de insumos químicos [14], [15]. Su eficacia, no obstante, depende de variables como la relación carbono/nitrógeno, la aireación, la humedad y la temperatura durante el proceso, así como del tipo de materiales empleados [16], [3]. Frente a ello, es necesario generar estudios locales que evalúen la factibilidad técnica y agronómica del compostaje utilizando recursos propios de la región.

Objetivo

El presente estudio tuvo como objetivo elaborar un abono orgánico tipo compost a partir de estiércol bovino y porcino, complementado con residuos vegetales y aditivos naturales, en la finca El Paraíso (cantón Rioverde, Esmeraldas), y evaluar sus características fisicoquímicas para determinar su potencial como mejorador del suelo agrícola. Los resultados aportan evidencias técnicas sobre la eficiencia del compostaje rural y su contribución a la sostenibilidad agroambiental en zonas tropicales del Ecuador.

II. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del estudio

La investigación se desarrolló en la Finca El Paraíso, situada en el cantón Rioverde, provincia de Esmeraldas, Ecuador, a una altitud aproximada de 25 metros sobre el nivel del mar. El área presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura media anual de 25 °C, una precipitación promedio de 2.000 mm/año y suelos franco-arenosos con pH ligeramente ácido, condiciones favorables para la descomposición aeróbica de la materia orgánica.

2.2. Tipo y enfoque de investigación

El estudio fue de tipo aplicado, con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo). Se buscó validar un proceso de compostaje rural mediante la observación controlada del proceso, el registro sistemático de variables físicas y el análisis de laboratorio del producto final.

2.3. Diseño experimental

El compostaje se efectuó en un sistema abierto, conformado por pilas trapezoidales de 2 m × 2 m × 1,5 m de altura, construidas sobre terreno natural nivelado y cubiertas parcialmente para evitar la lixiviación por lluvias. Las pilas se formaron con tres capas alternas de material vegetal (residuos de cosecha y pasto picado), estiércol bovino y porcino, respetando una proporción inicial carbono/nitrógeno estimado entre 25:1 y 30:1, considerada adecuada para la fermentación aeróbica.

El proceso tuvo una duración total de 90 días, distribuidos en las fases mesófila, termófila, de enfriamiento y maduración. Durante este tiempo se

realizaron mediciones de temperatura y humedad cada siete días, a una profundidad promedio de 30 cm, para determinar el comportamiento biológico del compost.

2.4. Materiales y aditivos empleados

Los materiales utilizados se obtuvieron dentro de la finca. Se emplearon los siguientes componentes:

- Activadores: urea, melaza y cal agrícola.
- Inoculante: suelo virgen con contenido microbiano natural.
- Enriquecedores: fertilizante NPK balanceado (15-15-15), aplicado al finalizar la fase termófila para mejorar el contenido nutricional del compost.

2.5. Procedimiento técnico

El proceso se desarrolló en seis etapas:

1. Preparación de materiales: selección, limpieza y picado de los residuos vegetales.
2. Formación de la pila: disposición en capas alternas con una humedad inicial del 55–60 %.
3. Control de aireación: instalación de un ducto central perforado para favorecer el flujo de oxígeno.
4. Volteo manual: efectuado a los 45 días para homogeneizar la mezcla y mantener la aireación adecuada.

5. Monitoreo de temperatura y humedad: registro semanal hasta alcanzar valores estables propios de la fase de maduración.

6. Maduración y cribado: después de 90 días se realizó el tamizado con malla de 10 mm para eliminar residuos gruesos y obtener un compost homogéneo.

Durante el proceso se mantuvo la humedad entre 50 y 60 % mediante riego manual, y se evitó la compactación del material para garantizar una adecuada oxigenación interna.

2.6. Análisis de laboratorio

Se tomaron muestras representativas del compost maduro y se enviaron al Laboratorio de Agrocalidad – Agencia Quevedo. Los análisis incluyeron la determinación de pH, conductividad eléctrica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, cobre, manganeso y boro, aplicando métodos normalizados por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC) y normas INEN vigentes. Los resultados se compararon con los valores de referencia establecidos para compost agrícolas en condiciones tropicales.

2.7. Tratamiento y análisis de datos

Los resultados de laboratorio fueron tabulados y analizados mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar) empleando Microsoft Excel®. Se elaboraron cuadros comparativos para

evaluar la calidad agronómica del compost obtenido frente a los valores de referencia.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El proceso de compostaje culminó satisfactoriamente a los 90 días, obteniéndose un material homogéneo, de color marrón oscuro, textura suelta y ausencia de olores desagradables, características que evidencian la estabilización de la materia orgánica. La temperatura de las pilas presentó el comportamiento típico de los procesos aeróbicos, con un ascenso inicial rápido durante la fase termófila y un descenso gradual hacia valores ambientales durante la etapa de maduración. A los 75 días, el compost mostró una consistencia terrosa y uniforme, indicativa de su madurez.

En el análisis fisicoquímico, el compost maduro presentó un pH neutro (7.0), materia orgánica estabilizada y una conductividad eléctrica baja, condiciones que reflejan un equilibrio entre los procesos de descomposición y mineralización. La relación C/N final fue 14, lo que confirma la estabilización del carbono y la ausencia de actividad microbiana excesiva.

Los valores obtenidos de macronutrientes y micronutrientes se presentan en la Tabla 1, donde se comparan con los rangos de referencia establecidos por organismos internacionales. Esta tabla resume los parámetros más relevantes

evaluados en el laboratorio y permite apreciar la calidad agronómica del producto final.

Tabla 1. Resultados del análisis fisicoquímico del compost final y comparación con rangos de referencia

Parámetro	Unidad	Compost elaborado
pH	–	7.0
Nitrógeno total (N)	%	1.4
Fósforo (P)	%	0.31
Potasio (K)	meq/100 ml	2.07
Calcio (Ca)	%	1.1
Magnesio (Mg)	%	0.42
Relación C/N	–	14
Conductividad eléctrica	dS/m	1.2

Rango FAO (2013)	Rango IIAP	Clasificación
6.5 – 8.0	6.0 – 8.5	Neutro y estable
0.8 – 2.0	1.0 – 2.5	Adecuado
0.2 – 0.5	0.3 – 0.6	Medio
1.5 – 3.0	1.2 – 2.8	Alto
0.8 – 1.5	0.8 – 1.6	Medio
0.3 – 0.6	0.2 – 0.5	Adecuado
10 – 15	10 – 15	Compost maduro
< 2.0	< 2.5	Apta para uso agrícola

Los resultados muestran que el compost obtenido presenta una composición equilibrada y dentro de los límites recomendados para su aplicación agrícola. El contenido de nitrógeno (1.4 %), fósforo (0.31 %) y potasio (2.07 meq/100 ml) lo clasifican como un abono orgánico de nivel medio-

alto de fertilidad. El pH neutro y la baja conductividad eléctrica indican su idoneidad para suelos de textura ligera, típicos del cantón Rioverde.

Estos valores son comparables con los reportados por Cevallos [17] y Castillo [18] en experiencias rurales con mezclas animal-vegetal. Asimismo, se encuentran dentro de los intervalos descritos en estudios internacionales que destacan valores de N entre 0.8 % y 2.0 % para compost maduros con C/N final estabilizado entre 10 y 15 [4], [19], [6], [20]. Este comportamiento reafirma que el control de humedad (50–60 %), aireación y volteo oportuno fueron determinantes en la estabilización del material.

La combinación de estiércol bovino y porcino con residuos vegetales permitió obtener un compost con estructura porosa y buena aireación, lo que favorece la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico, coherente con lo documentado por Hernández et al. [1]. Este equilibrio químico y físico convierte al compost en un mejorador efectivo de la fertilidad del suelo en condiciones tropicales.

Desde una perspectiva ambiental, el proceso contribuye a reducir el volumen de residuos orgánicos dispuestos sin tratamiento, mitigar emisiones de metano asociadas a la descomposición anaerobia y sustituir parcialmente fertilizantes de síntesis, reduciendo la huella de

carbono y los costos productivos [4], [12]. Estudios como los de Gavilanes-Terán et al. [21] y Jara-Samaniego et al. [12] demuestran la viabilidad del compostaje en el Ecuador, especialmente en sistemas rurales y comunitarios.

En términos agronómicos, se recomienda una dosis de aplicación de 7.5 t/ha para maíz, que satisface los requerimientos nutricionales sin riesgo de salinización ni desequilibrio iónico. Este resultado coincide con la evidencia regional reciente que vincula el compostaje comunitario con mejoras sostenidas en fertilidad del suelo y rendimiento de cultivos [1], [12].

Para mantener la eficiencia observada, se recomienda garantizar una relación C/N inicial entre 25 y 30:1, mantener la humedad entre 50–60 %, y asegurar una fase termófila prolongada mediante aireación adecuada. Futuros trabajos deberían incluir ensayos de campo comparativos y monitoreo de gases de efecto invernadero, con el fin de evaluar el impacto integral del compostaje en sistemas agroecológicos tropicales [4], [19], [20].

V. CONCLUSIONES

El estudio confirmó que el compostaje constituye una alternativa técnica viable para la valorización de residuos agrícolas y ganaderos, al transformar materiales de desecho en un abono orgánico estable y de calidad agronómica comprobada. La metodología empleada, basada en un sistema

abierto con control de humedad, aireación y relación C/N inicial adecuada, permitió obtener un compost maduro a los 90 días, con propiedades fisicoquímicas dentro de los rangos óptimos para su uso agrícola.

Los resultados del análisis de laboratorio evidenciaron un pH neutro (7,0), una C/N final de 14 y contenidos de N (1,4 %), P (0,31 %) y K (2,07 meq/100 ml) que sitúan al producto en la categoría de compost equilibrado y apto para suelos tropicales de elevada acidez. Estos valores garantizan su funcionalidad como mejorador de suelo y fuente sostenible de nutrientes para cultivos como el maíz (*Zea mays*).

La aplicación estimada de 7,5 t/ha satisface los requerimientos nutricionales del cultivo y contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes químicos, reforzando la sostenibilidad económica y ambiental del sistema productivo. Además, el proceso puede ser replicado en pequeñas fincas rurales, dado su bajo costo operativo y la posibilidad de aprovechar residuos locales, promoviendo así prácticas de economía circular y manejo responsable de residuos en zonas agrícolas del Ecuador.

En conjunto, los hallazgos demuestran que el compostaje no solo mejora la fertilidad del suelo y la retención de humedad, sino que también representa una estrategia eficaz para mitigar impactos ambientales, reducir emisiones derivadas

de la descomposición incontrolada de desechos y fortalecer la resiliencia agroecológica en territorios tropicales. Futuras investigaciones deberían centrarse en la evaluación a largo plazo de los efectos del compost sobre la productividad de distintos cultivos y sobre los indicadores biológicos del suelo.

REFERENCIAS

- [1] T. Hernández, C. García, and M. Reinhard, "Effect of organic fertilizers on soil properties and agricultural productivity in tropical systems," *Soil & Tillage Research*, vol. 211, p. 105017, 2021.
- [2] M. A. Bustamante, R. Moral, and M. P. Bernal, "The role of organic amendments in soil carbon sequestration and climate change mitigation," *Agronomy*, vol. 10, no. 6, p. 831, 2020.
- [3] M. P. Bernal, J. A. Albuquerque, and R. Moral, "Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment," *Waste Management*, vol. 164, pp. 189–201, 2023.
- [4] M. K. Awasthi, S. Kumar, and Z. Zhang, "Composting: An efficient approach for management of organic waste in sustainable agriculture," *Bioresource Technology*, vol. 340, p. 125643, 2021.
- [5] H. Insam, I. H. Franke-Whittle, and M. Goberna, "Microbial communities in compost production and use," *Applied Microbiology and*

- Biotechnology, vol. 106, no. 2, pp. 567–583, 2022.
- [6] Y. Zhao, Q. Lu, and X. Zhang, “Nutrient transformations and humification during composting of livestock manure and crop residues: A review,” *Chemosphere*, vol. 262, p. 127849, 2021.
- [7] Y. Li, W. Zhang, and D. Wu, “Influence of different bulking agents on organic matter degradation and compost quality during the composting of cattle manure,” *Journal of Environmental Management*, vol. 259, p. 110009, 2020.
- [8] A. Cerda, A. Artola, X. Font, R. Barrena, T. Gea, and A. Sánchez, “Composting of food wastes: Status and challenges,” *Bioresource Technology*, vol. 344, p. 126377, 2022.
- [9] M. K. Gallardo, “Elaboración del compostaje a nivel sostenible de proyectos mineros en fase de exploración,” Tesis de grado, Universidad Continental, Perú, 2021.
- [10] L. F. Jordán and Z. M. Pizarro, “Elaboración de abono tipo bocashi a partir de residuos orgánicos de origen doméstico y de actividad agropecuaria,” Tesis de grado, Universidad Continental, Perú, 2020.
- [11] A. Aguilar Torres, “Efecto de tres abonos orgánicos en plantones de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catimor, Jorobamba–Utcubamba–Amazonas–2020,” Tesis de grado, Universidad Politécnica Amazónica, Perú, 2022.
- [12] J. Jara-Samaniego, M. D. Pérez-Murcia, M. A. Bustamante, and M. P. Bernal, “Composting as a strategy for the management of organic waste in developing countries: A case study in Ecuador,” *Waste Management & Research*, vol. 39, no. 3, pp. 390–402, 2021.
- [13] E. Valenzuela and J. C. Pino, “Evaluation of compost quality and agronomic efficiency in tropical soils of coastal Ecuador,” *Heliyon*, vol. 10, no. 4, p. e25731, 2024.
- [14] Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Manual del compostaje del agricultor*, FAO, Roma, 2013.
- [15] N. E. Estrada, *Manual para la elaboración de abonos orgánicos sólidos tipo compost*, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA-CIAL), Guatemala, 2010.
- [16] M. A. Rodríguez, “Propuesta para la producción de un abono orgánico partiendo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del Colegio Rochester,” Tesis de grado, Fundación Universidad de América, Colombia, 2017.
- [17] E. A. Cevallos Chacón, “Elaboración de abonos orgánicos a partir de residuos vegetales en la finca Tóala León...,” Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador, 2020.
- [18] L. C. Castillo Huamán, “Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces

(EM) en el distrito de Perené,” Tesis de licenciatura, Universidad Continental, Perú, 2020.

[19] M. P. Bernal, J. A. Alburquerque, and R. Moral, “Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review,” *Bioresource Technology*, vol. 100, no. 22, pp. 5444–5453, 2009.

[20] Y. Li, W. Zhang, and D. Wu, “Influence of different bulking agents on organic matter degradation and compost quality during the composting of cattle manure,” *Journal of Environmental Management*, vol. 259, p. 110009, 2020.

[21] I. Gavilanes-Terán, A. Jaramillo, and M. D. Pérez-Murcia, “Windrow composting as horticultural waste management strategy: A case study in Ecuador,” *Waste Management*, vol. 48, pp. 127–134, 2016.