

# 01

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE VERMICOMPOST OBTENIDO A PARTIR DE LA BIOMASA RESIDUAL DE TRES SISTEMAS AGRÍCOLAS

### PHYSICAL AND CHEMICAL ANALYSIS OF VERMICOMPOST PRODUCED FROM RESIDUAL BIOMASS FROM THREE CULTIVATION SYSTEMS

Carlos Pezo Jácome<sup>1\*</sup>

E-mail: [cpezo@utmachala.edu.ec](mailto:cpezo@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2069-0296>

Salomón Barrezueta-Unda<sup>1</sup>

E-mail: [sabarrezueta@utmachala.edu.ec](mailto:sabarrezueta@utmachala.edu.ec)

ORCID: [0000-0003-4147-9284](https://orcid.org/0000-0003-4147-9284)

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. El Oro, Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pezo Jácome, C., Barrezueta-Unda, S. (2023). Caracterización Física y Química de Vermicompost obtenido a partir de la Biomasa Residual de tres sistemas Agrícolas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 6-13. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

#### RESUMEN

El objetivo del estudio fue la caracterización física y química del compost y vermicompost obtenidos a partir de la biomasa residual de tres sistemas agrícolas (raquis de banano, mazorca de cacao, maíz). Para ello, se diseñaron tres tratamientos diferentes, cada uno compuesto por una combinación específica de biomasa residual, incluyendo raquis de banano, cáscara de cacao, tuza de maíz y estiércol. Los métodos incluyeron el monitoreo de pH y temperatura durante el proceso de compostaje y luego de vermicompostaje, así como análisis de laboratorio para determinar la composición química de los productos finales. Además, se evaluó la población de lombrices y la producción de huevos de lombriz en cada tratamiento. Los resultados mostraron una variabilidad significativa en las propiedades de los productos en función de la biomasa utilizada. Los valores de pH se mantuvieron en rangos adecuados para la agricultura (pH 5.4 a 7.9), y se observaron baja CE y alta MO en el vermicompost. Los tratamientos que incluyeron cáscara de cacao y tuza de maíz presentaron un mayor contenido de fibra vegetal. La población de lombrices y la producción de huevos variaron entre los tratamientos, con una mayor actividad en un tratamiento que contenía raquis de banano. Este estudio resalta la importancia de seleccionar cuidadosamente la biomasa residual en los procesos de compostaje y vermicompostaje, ya que influye directamente en las propiedades químicas y físicas de los productos finales.

#### Palabras Clave:

Banano, cacao, compost; estiércol, *Esenia foetida*.

#### ABSTRACT

The aim of the research was to analyze the physical and chemical properties of compost and vermicompost made from the leftover biomass of three different agricultural systems (banana rachis, cocoa husk, maize). To achieve this goal, three treatments were created, each utilizing a specific combination of biomass, including banana rachis, cocoa husk, corn stover, and manure. Methods involved checking the pH and temperature during composting and after vermicomposting. We also evaluated the amount of earthworms and worm eggs in each treatment. Additionally, we examined the chemical composition of the end products in the laboratory. The outcome revealed that the product attributes significantly varied according to the biomass used. The pH levels remained within agriculture-appropriate ranges (pH 5.4 to 7.9). The vermicompost displayed low EC and high OM. Treatments with cocoa husk and corn stover showed an increased plant fibre content. Different treatments yielded varied earthworm population and egg production, with heightened activity observed in the banana rachis treatment. This research stresses the significance of selecting residual biomass carefully during composting and vermicomposting procedures. It has a direct effect on the chemical and physical features of the ultimate products.

#### Keywords:

Banana, cocoa, compost; manure, *Esenia foetida*.

## INTRODUCCION

La gestión sostenible de los recursos naturales y la maximización del aprovechamiento de los restos de biomasa generados por las actividades agrícolas se han convertido en una preocupación fundamental en la era moderna. Con la creciente presión sobre los recursos naturales y la necesidad de abordar los desafíos ambientales, la utilización eficiente de los subproductos de la agricultura se ha vuelto esencial para garantizar la seguridad alimentaria y la salud del ecosistema (Ojeda-Morales et al., 2023).

Los restos de biomasa vegetal resultantes de las cosechas agrícolas son una fuente rica en materia orgánica que, si se maneja adecuadamente, puede desempeñar un papel clave en la mejora de la fertilidad del suelo, la conservación de la humedad y la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos (Ortiz-Ulloa et al., 2020). Sin embargo, en muchos casos, estos residuos se desaprovechan o se gestionan de manera inadecuada, lo que puede llevar a problemas ambientales como la degradación del suelo y la contaminación del agua (Ojeda-Morales et al., 2023).

### *Biomasa residual y compost*

La biomasa residual, que comprende la materia orgánica generada por actividades antropogénicas en sectores agrícolas, ganaderos, forestales e industriales, se revela como un recurso renovable fundamental para distintos procesos. Por ejemplo, su potencial para el aprovechamiento energético a través de la digestión anaerobia o la fermentación mediante el compostaje. Este enfoque de reutilizar la biomasa no solo contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también disminuye la dependencia de los combustibles fósiles (Biruntha et al., 2020).

Una de las formas de gestión de la biomasa residual es mediante el compostaje, un proceso que imita la descomposición natural de residuos orgánicos mediante la acción de microorganismos, que se erige como una práctica ambientalmente beneficiosa para la agricultura y la ecología en general (Quadar et al., 2022). Al transformar residuos orgánicos en abono natural, promueve el desarrollo sostenible y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, al tiempo que previene la contaminación del agua por lixiviados o nitratos derivados de los residuos.

Sin embargo, a pesar de sus beneficios evidentes, la implementación del compostaje enfrenta desafíos, como la necesidad de garantizar su inocuidad mediante la eliminación de patógenos en la fase termofílica, después de la fase mesofílica, que es más eficiente en la descomposición de la materia orgánica (Uribe-Lorío et al., 2023).

### *Vermicompost*

El vermicompostaje o vermicopst es un método complementario que involucra a lombrices y otros microorganismos para descomponer la materia orgánica, destacándose por su capacidad para mejorar la asociación simbiótica mutualista con bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos

endomicorrícicos. Esto lo convierte en una opción adecuada para zonas semiáridas (Hassan et al., 2022).

Este proceso vermicompost implica la utilización de lombrices, en particular la lombriz roja californiana (*Eisenia andrei*), para convertir biomasa en humus, un compuesto rico en nutrientes, reguladores de crecimiento y donde crecen microorganismos beneficiosos (Quadar et al., 2022). El vermicompost resultante se caracteriza por su granulometría fina, alta porosidad y capacidad de intercambio catiónico elevada (Biruntha et al., 2020).

En este contexto, surge la necesidad de abordar de manera integral el manejo y la caracterización de los restos de biomasa vegetal, con el objetivo de comprender mejor su composición física y química, así como su potencial impacto en la calidad del suelo y el medio ambiente. En este artículo científico, tiene como objetivo principal la caracterización de los restos de biomasa vegetal de tres sistemas agrícolas distintos.

## METODOLOGIA

### *Descripción del área*

La investigación se dividió en la producción de compost y vermicompost en campo y la medición de varios parámetros en laboratorio. El trabajo de campo se realizó en el área de frutales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Machala (Machala, Provincia de El Oro-Ecuador), ubicada en las siguientes coordenadas geográficas es: 3°15'52.29" S, 79°57'4.3" W. La temperatura media anual fluctúa entre 23 a 29 C, con una precipitación acumulada de 550 mm.

### *Obtención del Compost*

Se empezó con la recolección de la biomasa residual de tres sistemas agrícolas: raquis de banano (*Musa acuminata* L.), hojas y la cascara del cacao (*Theobroma cacao* L.), brácteas y tuza de maíz (*Zea mays* L.), que se cultivan en la Facultad de Ciencias Agropecuaria. Estas biomásas residuales se combinaron con hojarasca del árbol samán (Fabácea: *samanea*), pasto elefante (*Eriochloa polystachya* Kunth) y estiércol de ganado vacuno, biomásas también disponibles en la Facultad. Con estas biomásas se conformó tres tratamientos: T1= raquis de banano, Hojas de cacao; Estiércol de ganado 2; T2= cascara de mazorcas de cacao; Tusa de maíz; pasto elefante; estiércol de vaca y T3= panta de maíz-hojas de samán- estiércol de ganado vacuno.

El proceso de compostaje se realizó de la siguiente de esta manera: Se excavaron tres hoyos de 2 metros de ancho, 2 metros de largo y 1 metro de profundidad. En cada uno de estos hoyos, se distribuyeron uniformemente los diferentes tratamientos, colocando cada tipo de material de biomasa de manera equitativa. Posteriormente, se procedió a mezclar todas las biomásas minuciosamente hasta obtener una mezcla completamente homogénea. En el centro de cada hoyo, se instaló un tubo perforado con el propósito de permitir la liberación de los gases generados durante el proceso de compostaje.

Para mantener las condiciones adecuadas, se cubrieron los tres hoyos con material plástico. Cada cuatro días, se llevó a cabo la remoción de la mezcla con el fin de garantizar una adecuada aireación del material. Además, se aplicó una solución de suero de leche, la cual consistía en una disolución de 1 litro de suero de leche en 5 litros de agua de riego. Este proceso se realizó de manera regular para favorecer la actividad microbiana y el desarrollo del compost.

La cosecha del compost se realizó una vez que la temperatura se estableció en entre 25 a 27 grados centígrados.

### Obtención del vermicompost

Una vez cosechado el compost se colocaron en tres reactores, uno por cada tratamiento (Figura 1). Para la obtención del vermicompost, se diseñaron tres reactores utilizando cajas de madera con dimensiones de 32 cm de ancho, 38 cm de largo y 20 cm de profundidad, cada una de ellas con un fondo plástico perforado (Figura B). Estas perforaciones tenían la finalidad de facilitar el movimiento de las lombrices entre los compartimentos. Al fondo de cada reactor se colocó un recipiente plástico destinado a la recolección de lixiviados. Con el propósito de proteger el sistema, los tres reactores se cubrieron con material plástico y se dispusieron bajo techo para evitar que las condiciones climáticas, como las precipitaciones o la radiación solar intensa, afectaran el proceso de vermicompostaje y el bienestar de las lombrices.

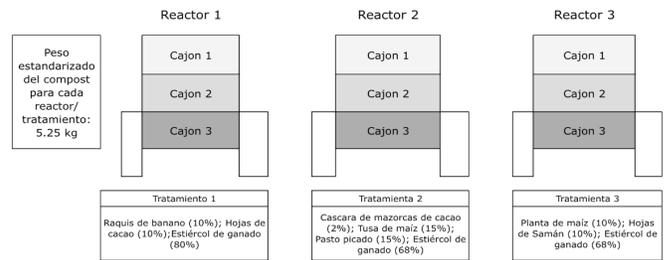
Las lombrices para que se adapten al sustrato (compost) fue necesario colocar un kilo de tierra en otro recipiente con un kilo de compost de cada tratamiento 10 días después se pasaron a los reactores. En cada reactor 350 colocaron lombrices en el cajón 1.

Cada cuatro días, se llevó a cabo un riego de dos litros de agua por reactor, con el propósito de mantener las condiciones de humedad adecuadas. Además, para prevenir la presencia de hormigas, uno de los principales depredadores de las lombrices, se aplicaron 200 ml de vinagre diluido en un litro de agua.

La cosecha del vermicompost se realizó en dos etapas: en primer lugar, se cosechó el cajón 3 a los 60 días, y posteriormente, 30 días después, se cosechó el cajón 2. Esto implicó que el cajón 3 se convirtiera en el cajón 1 en la primera cosecha, y el cajón 2 pasara a ser el último. Esta metodología de rotación de los cajones se utilizó para optimizar el proceso de vermicompostaje y facilitar la recolección a medida que los cajones se desocupaban. La cosecha se realizó con un matiz de malla 5 mm por 5 mm, para esto fue necesario no regar por 10 días y dejar al descubierto los reactores por 24 horas, una vez cosechado se llevaron las muestras al laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

A)

**Figura 1.** Esquema de los tratamientos para proceso de vermicompost: A) Diseño de los tratamientos; B) fotografía de los reactores en campos



B)



### Caracterización física

**Temperatura (°C).** Se midió con un termómetro de mercurio, él se registró fue cada 28 días a las 12:00 horas en centro de cada fosa del compost. Mientras que el vermicompost cada 15 días durante 3 meses, también a las 12:00 horas, y se midió de arriba hacia abajo. Se comparo los datos de temperatura ambiente con el registro de la empresa Wolfram Alpha (<https://www.wolframalpha.com/pro/pricing/students>).

**Humedad (%).** Para la determinación de humedad se procedió a pesar 10 gramos de muestra (vermicompost) para introducir en la estufa se mantendrá en 105°C, durante 4 horas. Se enfría en el desecador durante 20 minutos y se pesa el contenido total de la capsula. Es importante verificar que el peso sea constante para luego utilizar la Ecuación (1).

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100 \quad (1)$$

**Fibra (%).** Este parámetro se obtuvo mediante el método de Weender modificado. Las muestras de vermicompost fueron sometida a extracción con disolventes orgánicos en bolsas de Weender en mufla a 550°C por 2 horas. Luego se coloca en un desecador por 30 minutos y se pesaron. Se calcula el contenido de Fibra Cruda se obtiene de la Ecuación (2).

$$\text{Fibra (\%)} = \frac{P1 (g) - P2 (g)}{Pm} \times 100 \quad (2)$$

Donde: Peso de la muestra sometida a calcinación se representa con P1 y Peso de la muestra calcinada con P2; el Peso de la muestra sometida a la digestión se identifica con Pm.

**Ceniza (%).** Este valor se determinó mediante el método termogravimétrico, que consiste en someter a las

muestras de vermicompost a calcinación entre 550 - 600 °C, durante 4 horas, hasta obtener un residuo de color blanco o grisáceo. Se extrae el crisol con las cenizas de la mufla, se enfría en un desecador y se pesa para su cálculo con la Ecuación (1), utilizada para determinar humedad.

Material volátil (%): Este valor se calcula por diferencia de peso entre el peso inicial de la muestra menos los valores de humedad y ceniza.

### Caracterización química

Para determinar el pH del compostado y vermicompost se utilizó un medidor manual marca Hanna (Hi 9880, Rumania), medido directo a las pilas de compost y en cada reactor. También se midió el pH y la Conductividad eléctrica en agua destilada relación 2:2.5 (muestra/agua). Esta solución se agito por 5 horas, luego se filtró y se dejó decantar por 24 horas. El líquido obtenido de la filtración se midió los parámetros pH y CE por triplicado.

La determinación de la materia orgánica del vermicompost se realizó por calcinación. Se pesó cinco (5) gramos de vermicompost depositados en capsulas de porcelana que se secaron por 24 horas en la estufa a 105°C. Transcurrido el tiempo las muestras se enfriaron en desecador y luego se obtuvo el peso inicial en una balanza analítica digital. Luego se introdujeron las muestras en la mufla a una temperatura de 360°C por 2 horas, nuevamente se enfriaron en desecador y se pesó la muestra en balanza analítica. La materia orgánica contenida en la muestra se encuentra por la diferencia de los pesos iniciales y finales. El cálculo del porcentaje de materia orgánica se presenta en la ecuación (3).

$$\text{Materia orgánica} = \frac{\text{peso a } 105\text{ C} - \text{Peso a } 360\text{ C}}{\text{Peso a } 105\text{ C}} \times 100 \quad (3)$$

Como parte de los análisis químicos se realizó la determinación de amoníaco, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en un espectrofotómetro visible iris (HI801-01, Rumania), de longitud de onda entre 340 nm y 900 nm. Estas mediciones se realizaron en el laboratorio de química de la facultad de Ciencias Agropecuarias.

### Registro de lombrices y huevos

Para el conteo se hace un divide cada cajón en cuatro partes. En cada caja, se extrae con un vaso vacío de 250 mm vermicompost de cada cuadrante. Se anota su peso y se vacía el vaso sobre un recipiente para proceder a contabilizar las lombrices y huevecillos que se encuentran en cada una de las muestras tomadas.

### Análisis estadístico

Para analizar las características físicas y químicas se realizó un análisis estadístico descriptivo, en el programa SPSS. También se realizaron graficas en Excel y tablas para la presentación y discusión de los datos obtenidos.

## RESULTADOS

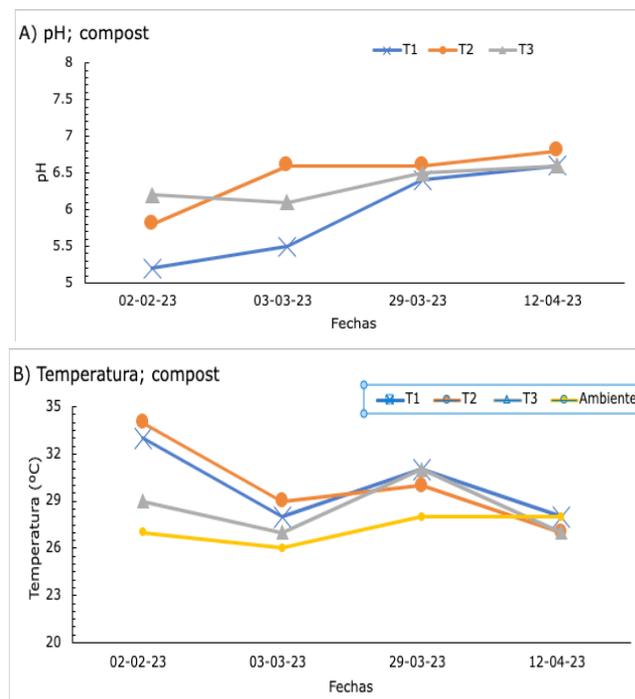
### Características del compost

La Figura 2 muestra la evolución del pH y la temperatura durante el proceso de compostaje. En el tratamiento T1, el pH inicialmente osciló entre 5.30 y 5.50, considerado ácido, pero se estabilizó cerca de 6.70 después de 90 días, manteniéndose hasta la cosecha a los 100 días. T2 mostró valores más neutros (6.00-6.80), y T3 fluctuó en un rango estrecho (6.3-6.1), convergiendo hacia un pH de 6.70.

Estos datos reflejan una dinámica compleja en la evolución del pH, atribuida a la liberación inicial de ácidos orgánicos y metabolitos durante la descomposición de la materia orgánica. La convergencia hacia la neutralidad indica una maduración del compost, donde los microorganismos estabilizan la acidez y equilibran la liberación de productos de descomposición (Hassan et al., 2022; Quadar et al., 2022).

La temperatura ambiente se mantuvo entre 24-28°C, mientras que en los tratamientos fluctuó entre 23-34°C, con T2 registrando la temperatura más alta inicialmente. Al final, las temperaturas se estabilizaron en 28-30°C. La variabilidad térmica se relaciona con la composición de los materiales, como cáscara de cacao y tuza de maíz, ricos en carbono y nitrógeno. Estos resultados indican que los componentes orgánicos influyen en la generación de calor y sugieren diferencias en la velocidad de descomposición, y que la temperatura ambiente no influye en el proceso (Hassan et al., 2022).

Figura 2. Serie temporal del: A) pH del compost; B) Temperatura del compost



En la Tabla 1 se detallan las características químicas del compost cosechado en los tres tratamientos, con un énfasis en el pH, la conductividad eléctrica (CE), el nitrógeno total y el contenido de fibra. Los valores de pH se mantuvieron muy similares, fluctuando estrechamente entre 7.34 (T3) y 7.38 (T1). Sin embargo, se observaron diferencias notables en otros parámetros.

La alta CE registrada en T1, con un valor de 2.09 dS m<sup>-1</sup>, podría estar relacionada con la presencia de un mayor porcentaje de estiércol bovino en este tratamiento, así como con la inclusión del raquis del banano. Estos componentes pueden contribuir a la acumulación de sales en el compost, lo que se refleja en la CE más elevada. Este aumento puede deberse al incremento de la concentración de sales como producto de la descomposición de la materia orgánica. Además, durante el proceso de vermicompostaje, los nutrientes y los productos de degradación pasan a la fase soluble debido a la reducción del crecimiento microbiano, lo que provoca un aumento del valor de la CE.

En cuanto al contenido de materia orgánica (MO), T3 mostró el valor más bajo, con un 2.52%. Esto podría deberse a

diferencias en la composición de los materiales utilizados en ese tratamiento y su tasa de descomposición durante el proceso de compostaje.

Los valores de nitrógeno total variaron entre 2.61% (T3) y 2.75% (T1), sin mostrar diferencias sustanciales entre los tratamientos.

Lo más destacado es que los porcentajes de fibra fueron significativamente menores en T1, con un 12.80%, en comparación con los otros tratamientos. Esta diferencia podría atribuirse a una descomposición más rápida y efectiva de los componentes del compost en T1, posiblemente relacionada con la presencia predominante de raquis de banano. Esta rápida descomposición pudo haber influido en la reducción de la fibra en este tratamiento en particular.

Los niveles de nitrógeno amoniacal, potasio, fósforo, magnesio y calcio fueron muy parejos en los tres tratamientos del compost, siendo más elevado el K y el Ca en T2, tratamiento que como se indicó se conformó de una mezcla más heterogénea de biomásas.

**Tabla 1.** Características químicas del compost por tratamiento

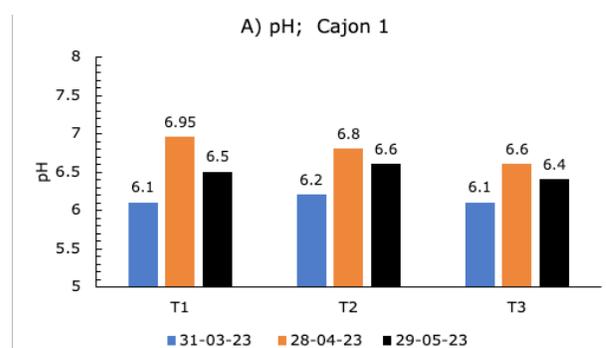
TRATAMIENTOS	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO (%)	NH4 (mg/Kg)	K (mg/Kg)	P (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Fibra (%)
T1 COMPOST	7,38	2,09	3,24	0.02	150	6.5	1.05	20	12,80
T2 COMPOST	7,36	1,52	3,15	0.03	155	6.4	1	25	13,72
T3 COMPOST	7,34	1,81	2,52	0.2	122	5.3	1.5	22	13,20

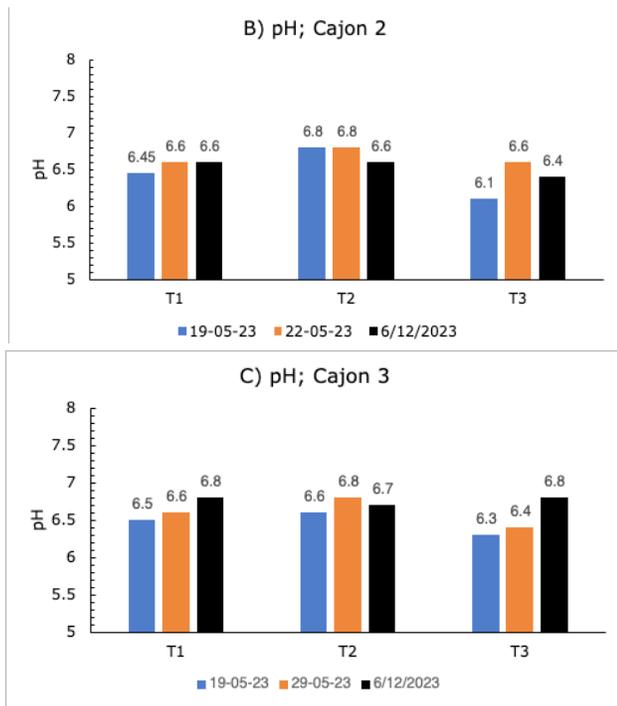
Fuente: Elaboración propia

### Caracterización del vermicompost

La medición del pH en los tres cajones y entre los diferentes tratamientos presentó una variabilidad notable. En la Figura 3A, correspondiente al primer cajón, se observaron valores que fluctuaron en un rango de 6.2 a 6.9. El tratamiento T2 mostró valores más altos, variando de 6.90 a 6.60, mientras que el tratamiento T1 registró valores entre 6.1 y 6.2. En el segundo cajón (Figura 3B), los valores se mantuvieron cerca de la neutralidad en las tres ocasiones en que se realizaron las mediciones para todos los tratamientos. Sin embargo, en el último cajón (Figura 3C), se observó un aumento de los valores de pH, especialmente en el tratamiento T3, donde se registraron fluctuaciones del pH entre 6.8 y 6.9.

**Figura 3.** Medición de pH: A) cajón 1; B) cajón 2; C) cajón 3





En la Tabla 2, se observó un pH más alcalino en el vermicompost, indicando un ambiente más neutral en estos materiales. La conductividad eléctrica (CE) fue baja en ambos productos, lo que sugiere bajos niveles de sales solubles.

Un hallazgo interesante fue la variación en el contenido de materia orgánica (MO) entre los tratamientos. Los

**Tabla 2.** Características químicas del vermicompost por tratamiento

TRATAMIENTOS	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO (%)	NH <sub>4</sub>	K (mg/Kg)	P (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Fibra (%)
T1 VERMICOMPOST	7,52	1,60	3,03	0.40	198	6.8	1.46	145	13,89
T2 VERMICOMPOST	7,43	1,50	3,11	1.09	184	6.5	1.6	97	20,29
T3 VERMICOMPOST	7,59	1,56	3,14	0.63	179	7.73	1.8	126	17,52

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4 muestra los porcentajes de humedad, ceniza y material volátil en los productos de vermicompost obtenidos de tres tratamientos con diferentes composiciones de biomasa. Estos resultados proporcionan una visión esclarecedora de las diferencias en la composición del vermicompost y su relación con la materia prima utilizada. Se observa una variabilidad significativa en la humedad presente en los tres tratamientos. El tratamiento T2, compuesto principalmente por cáscara de cacao y tuza de maíz, exhibió el mayor contenido de humedad, con un impresionante 42.56%. Le siguen el tratamiento T1 con un 37.33% y el tratamiento T3 con un 29.62%. Esta variación en la humedad podría explicarse por la naturaleza intrínseca de los materiales utilizados en cada

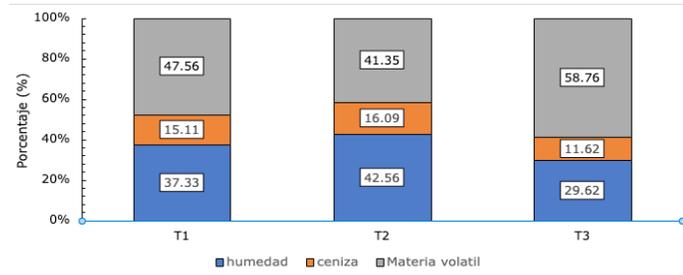
valores de MO fluctuaron entre 3.03% y 3.11%, siendo más altos en el tratamiento T2. Además, se observó una notable diferencia en el contenido de fibra vegetal entre T1 y T2. El tratamiento T2, compuesto principalmente por cáscara de cacao y tuza de maíz, exhibió un mayor porcentaje de fibra (20.29%) en comparación con T1, que consistió en raquis de banano y estiércol, con un valor de 13.89%. Esta diferencia podría estar relacionada con la mayor resistencia de las ligninas presentes en la cáscara de cacao y la tuza de maíz (Molavi et al., 2023; Shin & Rowell, 2005).

En relación a los macronutrientes, se observaron diferencias notables entre los tratamientos. El tratamiento T1, compuesto principalmente por raquis de banano, presentó los valores más altos de potasio (K) y calcio (Ca), con concentraciones de 198 mg/kg y 145 mg/kg, respectivamente. Esto se debe a la alta presencia de K y Ca en la biomasa del raquis de banano. El segundo valor más alto de K se registró en el tratamiento T3, con 184 mg/kg, seguido también por T3, que presentó 179 mg/kg de K. Los elementos fósforo (P) y magnesio (Mg) mostraron valores similares y cercanos en todos los tratamientos, oscilando entre 6.5 mg/kg (T1) y 7.73 mg/kg (T3) para P, y entre 1.6 mg/kg (T2) y 1.8 mg/kg (T3) para Mg.

En cuanto a los niveles de amonio (NH<sub>4</sub>), se observó que el valor más alto se encontraba en el tratamiento T2, seguido por T3 y T1. Generalmente se consideran un indicador positivo de nitrógeno disponible para las plantas. Valores altos de amonio pueden ser beneficiosos si se necesita un suministro rápido de nitrógeno

tratamiento, con la cáscara de cacao y la tuza de maíz que tienden a retener más humedad en comparación con otros componentes. De manera similar, la ceniza presente en el vermicompost también reflejó una variación relacionada con la composición de la biomasa. Los valores de ceniza fluctuaron desde 11.62% en T3 hasta 15.11% en T1 y 16.09% en T2. Estos resultados pueden asociarse con la presencia de cenizas en los materiales de entrada, como el estiércol y la cáscara de cacao, que aportan un mayor contenido de ceniza al producto final (Munongo et al., 2017; Syarifinnur et al., 2023). La composición de material volátil también sigue un patrón similar, al de humedad y ceniza.

**Figura 4.** Distribución porcentual de humedad, ceniza y material volátil del vermicompost por tratamiento

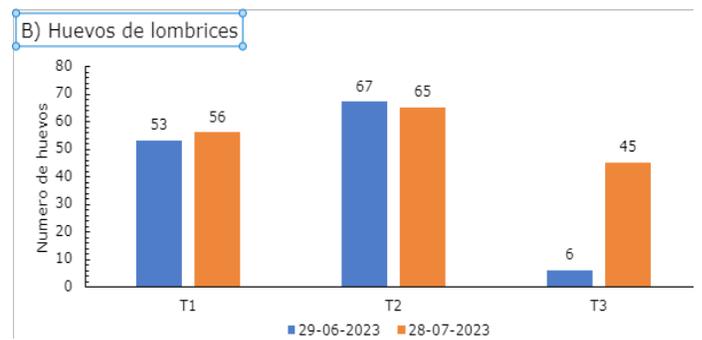
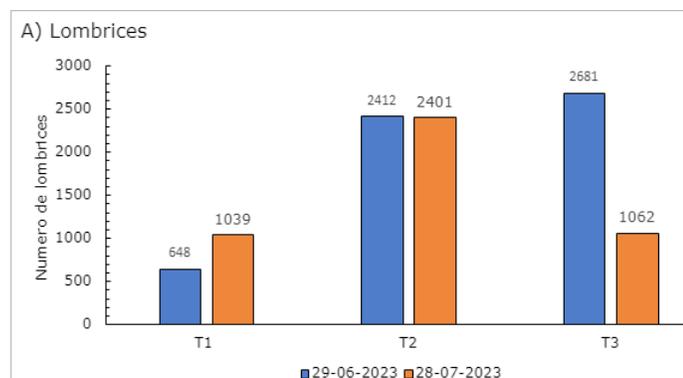


En el tratamiento T2, se observó un número notablemente alto de lombrices en ambas cosechas, con cifras casi idénticas de 2402 y 2401 individuos respectivamente. Esto sugiere una elevada actividad y una población estable en T2 durante el período de estudio.

En contraste, en el tratamiento T1, el número de lombrices aumentó de 648 antes de la primera cosecha a 1039 antes de la segunda cosecha, indicando un crecimiento significativo en la población de lombrices. Sin embargo, en el tratamiento T3, la población de lombrices disminuyó de 2681 individuos antes de la primera cosecha a 1062 antes de la segunda cosecha. Esto sugiere una reducción en la actividad de las lombrices en T3 durante el mismo período.

En cuanto a la cantidad de huevos de lombriz, se observaron valores bastante estables en T1 y T2, con variaciones mínimas de 53 a 56 y de 67 a 65, respectivamente, entre las dos cosechas. En T3, aunque los valores iniciales eran bajos (6 huevos), se produjo un ligero aumento a 45 huevos antes de la segunda cosecha.

**Figura 5.** Dinámica poblacional lombriz roja californiana: A) número de lombrices; B) número de huevos de lombrices



## CONCLUSIONES

Se observó una variabilidad considerable en la composición química de los productos de compostaje y vermicompostaje en los tres tratamientos. Esta variabilidad estuvo influenciada por la diversidad de los materiales orgánicos utilizados en cada tratamiento, lo que se reflejó en los valores de pH, CE, materia orgánica, y contenido de minerales. La presencia de componentes como la cáscara de cacao y la tuza de maíz contribuyó a un mayor contenido de materia orgánica y lignina, así como a una mayor humedad en ciertos tratamientos.

A pesar de las diferencias en la composición, todos los tratamientos de compost y vermicompost presentaron propiedades beneficiosas para la agricultura, como pH cercano a la neutralidad, contenido de materia orgánica y nutrientes que pueden mejorar la calidad del suelo y promover el crecimiento de las plantas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Biruntha, M., Karmegam, N., Archana, J., Karunai Selvi, B., John Paul, J. A., Balamuralikrishnan, B., Chang, S. W., & Ravindran, B. (2020). Vermiconversion of biowastes with low-to-high C/N ratio into value added vermicompost. *Bioresource Technology*, 297, 122398. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122398>
- Hassan, S. A. M., Taha, R. A., Zaied, N. S. M., Essa, E. M., & Abd, A. E. R. (2022). Effect of vermicompost on vegetative growth and nutrient status of acclimatized Grand Naine banana plants. *Heliyon*, 8(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10914>
- Molavi, F., Ebrahimi, A. A., Nabi Meibodi, M., Ehrampoush, M. H., Eslami, H., & Mokhtari, M. (2023). Effects of different vermicomposting process with cattle manure in the removal of sulfamethoxazole and trimethoprim antibiotics. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04264-z>

- Munongo, M., Nkeng, G., & Njukeng, J. (2017). Production and Characterization of Compost Manure and Biochar from Cocoa Pod Husks. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 2(2).
- Ojeda-Morales, M. E., Córdova-Bautista, Y., Álvarez-Ramírez, J. G., De Los, J., López-Lázaro, S., Martínez-Pereyra, G., & Morales-Bautista, C. M. (2023). Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos empleando sustancias húmicas de vermicomposta. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-18. <https://doi.org/10.28940/terra>
- Ortiz-Ulloa, J., Abril-Gonzalez, M., Pelaez-Samaniego, M., & Zalamea-Piedra, T. (2020). Biomass yield and carbon abatement potential of banana crops (*Musa spp.*) in Ecuador. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Quadar, J., Chowdhary, A. B., Dutta, R., Angmo, D., Rashid, F., Singh, S., Singh, J., & Vig, A. P. (2022). Characterization of vermicompost of coconut husk mixed with cattle dung: physicochemical properties, SEM, and FT-IR analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(58), 87790-87801. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21899-z>
- Shin, E. W., & Rowell, R. M. (2005). Cadmium ion sorption onto lignocellulosic biosorbent modified by sulfonation: the origin of sorption capacity improvement. *Chemosphere*, 60(8), 1054-1061. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.01.017>
- Syarifinnur, S., Nuraini, Y., Prasetya, B., & Handayanto, E. (2023). Comparing compost and vermicompost produced from market organic waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 12(3), 279-289. <https://doi.org/10.30486/ijrowa.2022.1944251.1368>
- Uribe-Lorío, L., WingChing-Jones, R., Vidaurre-Barahona, D., Uribe, L., & Aráuz, L. F. (2023). Bacterias cultivables resistentes a oxitetraciclina durante el proceso de vermicompostaje de excretas bovinas. *UNED Research Journal*, 15(1), e4586. <https://doi.org/10.22458/urj.v15i1.4586>