

**MANEJO SUSTENTABLE DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Comparación del compostaje y vermicompostaje en la calidad del suelo mediante el análisis de temperatura, pH y fertilidad.

Comparison of composting and vermicomposting on soil quality through the analysis of temperature, pH, and fertility.

Comparaçao da compostagem e vermicompostagem na qualidade do solo por meio da análise de temperatura, pH e fertilidade.

José Fernando Mendoza Rodríguez,

José David Cuero Cortéz

Unidad Educativa Joaquín Lalama, Ecuador

mendo-10@hotmail.com

Artículo científico

Enviado: 17/8/2025

Aprobado: 6/12/2025

Publicado: 18/12/2025

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo comparar los procesos de compostaje y vermicompostaje en distintos grupos, y verificar el comportamiento de las variables temperatura, fertilidad y pH. La metodología aplicada tuvo un enfoque cuantitativo, basado en estudios prospectivos. Se empleó materia orgánica y lombrices para realizar el análisis comparativo de las variables definidas. Las mediciones se efectuaron con el equipo rapitest digital 3-way analyzer en tres grupos: una compostera y dos lombriceras. Se aplicó estadística descriptiva para evaluar la dispersión entre grupos y estadística inferencial para determinar el nivel de correlación. En particular, se utilizó la correlación de Pearson para los datos con distribución normal y la de Spearman cuando la distribución fue asimétrica. Los resultados indicaron que el pH tuvo la menor dispersión entre los grupos, mientras que la temperatura mostró una alta correlación positiva en dos grupos. En cuanto a la fertilidad se obtuvieron valores ideales para procesos de cultivo y con una dispersión moderada.

Palabras clave: análisis estadístico, fertilidad, pH, temperatura.

ABSTRACT

This study compared composting and vermicomposting processes across different groups, analyzing the behavior of temperature, fertility, and pH variables. A quantitative methodology with prospective design was applied, using organic matter and earthworms. Measurements were conducted with a Rapitest digital 3-way analyzer in one compost bin and two vermicomposting bins. Descriptive and inferential statistics were used, applying Pearson correlation for normally distributed data and Spearman correlation for asymmetrical distributions. Results showed that pH had the lowest dispersion among groups, while temperature exhibited a strong positive correlation in two groups. Fertility values were ideal for cultivation processes, with moderate dispersion.

Keywords: fertility, pH, statistical analysis, temperature.

RESUMO

Este estudo comparou os processos de compostagem e vermicompostagem em diferentes grupos, analisando o comportamento das variáveis temperatura, fertilidade e pH. Foi aplicada uma metodologia quantitativa com desenho prospectivo, utilizando matéria orgânica e minhocas (*Eisenia fetida*). As medições foram realizadas com o equipamento Rapitest digital 3-way analyzer em uma composteira e duas vermicomposteiras. Utilizou-se estatística descritiva e inferencial, aplicando correlação de Pearson para dados com distribuição normal e correlação de Spearman para distribuições assimétricas. Os resultados mostraram que o pH apresentou a menor dispersão entre os grupos, enquanto a temperatura exibiu forte correlação positiva em dois grupos. Os valores de fertilidade foram ideais para processos de cultivo, com dispersão moderada.

Palavras-chave: análise estatística, fertilidade, pH, temperatura.

INTRODUCCIÓN

La lombricultura es un proceso agrícola donde se utiliza a las lombrices como agentes biológicos para la producción de humus (digestión de residuos orgánicos), considerado como un excelente abono natural. El proceso comienza con la alimentación directa de las lombrices mediante el uso de materia orgánica, conocida como desecho orgánico. La lombriz procesa el alimento mediante su sistema digestivo para transformar en humus o abono con un alto contenido de nutrientes (Andrade *et al.*, 2024).

Desde una perspectiva directa, la clasificación de los residuos orgánicos es el proceso donde se separan los materiales biodegradables o también conocidos como desechos, generados por actividades humanas. También, es importante señalar que se puede separar todo tipo de desechos orgánicos ya sea del hogar, actividades agrícolas, jardines, entre otras (Pacheco *et al.*, 2021).

La lombricultura ha demostrado tener un alto impacto en el desarrollo de los cultivos en sistemas agrícolas (Katiyar *et al.*, 2023), además, es muy rentable cuando su utilización se realiza de manera eficaz y eficiente. Las lombrices tienen la capacidad de reproducirse en un corto período de tiempo, potenciando así la calidad y fertilidad del suelo en el que se desarrollan. Este suelo puede ser aprovechado para cultivar distintos alimentos de mejor calidad nutricional y un crecimiento más saludable (Molina y de la Guerra, 2025). Las lombrices tienen la funcionalidad de degradar la materia orgánica y desprender pequeños compuestos orgánicos denominados nutrientes minerales, ya sea mediante sus procesos metabólicos o a partir de los tejidos muertos de las propias lombrices (Elissen *et al.*, 2023).

Tabla 1. Rangos de fertilidad del suelo.

| Nutriente | Poco 0-2 | Ideal 3-7 | Demasiado 8-9 |
|-----------|-------------|--------------|------------------|
| Nitrógeno | 50 ppm | 50-200 ppm | 200 ppm |
| Fósforo | 4 ppm | 4-14 ppm | 14 ppm |
| Potasio | 50 ppm | 50-200 ppm | 200 ppm |

Nota: ppm - partes por millón.

Fuente: Luster Leaf Products, Inc. (2024).

Por otra parte, el proceso de vermicompostaje ofrece varios usos y ventajas que ayudan a la agricultura. Hay varios beneficios, principalmente la obtención de un excelente abono natural, usado para que el suelo sea fértil y sobre todo para recuperar suelos que han sido maltratados con

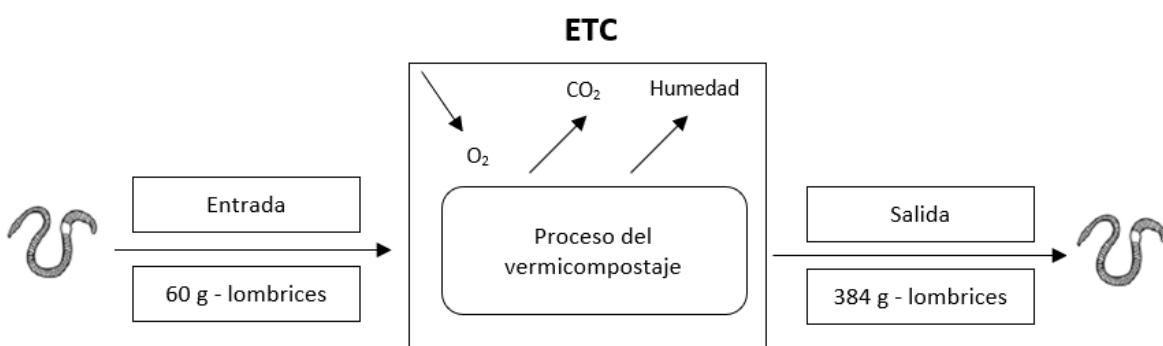
productos artificiales (Monta-Calle y Yáñez-Moretta, 2023). Con un buen tratamiento del suelo se puede cultivar hortalizas, frutos y hierbas medicinales de buena calidad, naturales y libres de elementos químicos que causan daño a la salud. Para este proceso es importante utilizar la materia orgánica (restos de vegetales o frutas), que simplemente es todo lo que se descompone.

Además, el vermicompostaje no requiere de mucho tiempo ni grandes inversiones para su implementación, ya que las lombrices se reproducen fácilmente, si las condiciones de hábitat son óptimas. De hecho, puede ayudar a la economía, ya que con la producción de humus de lombriz se puede vender el excedente a campos, plantas o viveros donde esa práctica se convierte en un negocio (Cando *et al.*, 2024). Su desventaja hace referencia a que necesitan una temperatura estable para su desarrollo (Enríquez, 2021).

Sin embargo, el compostaje es un material orgánico y limpio que sirve como abono para el cultivo de plantas. Este método también se puede utilizar tanto a nivel doméstico como en comunidades, escuelas o empresas (González-Jiménez y Villalobos-Morales, 2021). El compostaje ofrece muchos beneficios a la naturaleza mediante la descomposición de residuos orgánicos. Entre las ventajas principales están: mejoramiento en la calidad del suelo y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La emisión de olores fuertes y la generación de plagas son considerados como desventajas en el proceso de compostaje (Carvalho y Cirión, 2022).

La temperatura del compostaje de los residuos orgánicos sin lombriz puede alcanzar hasta los 65 °C, aunque en condiciones ideales puede oscilar entre los 40 °C y 65 °C, debido a que es compatible con la mayoría de ambientes. Esto no implica que la temperatura esté en ese intervalo, depende de las etapas conocidas como la mesófila (descomposición inicial de materia orgánica), termófila (descomposición de compuestos más complejos) y de maduración (Meena *et al.*, 2021). En el caso del abono de lombrices (vermicompostaje) la temperatura ideal está entre 15 °C y 25 °C (Zhang *et al.*, 2020).

Figura 1. Vermicompostaje - proceso.



Nota: ETC – Eficiencia de Tasa de Conversión.

Fuente: Adaptado de Nova *et al.* (2019).

El vermicompostaje tiene variables de control, como el oxígeno, que es aprovechado por los microorganismos para la descomposición de los desechos orgánicos y el dióxido de carbono y la humedad, que son liberados al ambiente, generando un equilibrio en la actividad biológica y la eficiencia del proceso. Además, el vermicompostaje mejora la calidad del suelo, aumenta la disponibilidad de nutrientes e incrementa la productividad de los cultivos, además, presentando un potencial para mitigar la degradación del suelo (Oyege y Balaji, 2023).

En lo que corresponde a los parámetros edafológicos, las características físicas (temperatura del suelo), químicas (pH) y biológicas (presencia de lombrices) son esenciales para que los procesos de lombricultura y compostaje tengan beneficios tanto en la fertilidad del suelo y en la calidad del abono producido por las lombrices. El pH permite conocer que tan ácido o alcalino es un suelo, controlar esta variable genera cultivos saludables sin afectación de los nutrientes. Por otra parte, el pH aceptable para el vermicompostaje puede extenderse de 5,5 a 8, aunque el valor óptimo se sitúa cerca de 7 (Singh *et al.*, 2022). En el proceso de compostaje tradicional, el pH puede oscilar entre 5 a 7 (Ho *et al.*, 2022).

Es importante mencionar que la lombriz californiana (*eisenia fetida*) es una especie de lombriz roja de tierra de mucha utilidad en el vermicompostaje, debido a su alta eficiencia en la transformación de desechos orgánicos en abono natural o humus. Este humus tiene una característica particular de contener elevadas concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio, constituyéndose como nutrientes principales para la fertilización del suelo. Su aplicación mejora eficazmente las propiedades físicas, químicas y biológicas para el proceso y rendimiento de los cultivos (Pimentel *et al.*, 2023).

Con base en lo anterior, se plantearon las siguientes hipótesis nula (H_0) y de investigación (H_1):

H_0 : El proceso de vermicompostaje no produce cambios significativos en los parámetros edafológicos (pH, humedad y temperatura) ni en la calidad del suelo, en comparación con suelos tratados únicamente con compostaje tradicional.

H_1 : El proceso de vermicompostaje produce cambios significativos en los parámetros edafológicos (pH, humedad y temperatura) y en la calidad del suelo, en comparación con suelos tratados únicamente con compostaje tradicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo debido a que se utilizaron estudios prospectivos, es decir, se realizaron mediciones de las variables *temperatura*, *pH* y *fertilidad* en distintos momentos del proceso. Se utilizó un diseño no experimental, ya que no se manipularon ni se aplicaron tratamientos a las variables, únicamente se realizaron observaciones y mediciones a lo largo del tiempo, esto indica que el nivel de investigación fue longitudinal.

En lo que corresponde a los materiales utilizados en la investigación se detallan a continuación:

- Tres gavetas con dimensiones de 60 centímetros (cm) de largo, 40 cm de ancho y 22 cm de altura. Dos de ellas para la ubicación de 150 lombrices californianas en cada una, en adelante denominadas lombriceras y una tercera para el compostaje, en adelante denominada compostera.
- 36 kilogramos (kg) de tierra oscura, distribuidos en partes iguales, es decir, 12 kg por cada gaveta.

Tanto las lombriceras como la compostera se ubicaron bajo una cubierta, con la finalidad de resguardarlas de la lluvia y la exposición directa al sol, especialmente para proteger la supervivencia de las lombrices.

Es importante mencionar que la zona definida para la ubicación de las lombriceras y la compostera fue en los jardines de la Unidad Educativa Joaquín Lalama, ubicada en la ciudad de Ambato, Ecuador, durante los meses de abril a julio de 2025.

Procedimiento para el tratamiento de lombriceras y compostera

En lo que corresponde a las lombriceras, la alimentación fue una vez a la semana, donde se utilizaron los siguientes alimentos: cáscaras de papa, tomate, pepino, zanahoria, remolacha, plátano verde y plátano maduro, así como cáscaras de guineo (banana), cáscaras de huevo y hojas de lechuga. Los alimentos fueron picados en trozos pequeños para facilitar el proceso de ingestión.

Por otro lado, en el compostaje se utilizaron desechos orgánicos en proceso de descomposición durante 15 días, para luego ser mezclados con la tierra oscura. Esta actividad se repitió cada 15 días durante un período de tres meses. Finalizado este tiempo, se dejó la compostera en reposo durante otros tres meses para que los desechos se descompusieran completamente.

Procedimiento para la recolección de datos

Para medir las variables *temperatura*, *pH* y *fertilidad* se utilizó el equipo de medición rapitest digital 3-way analyzer que cuenta con las siguientes instrucciones básicas de funcionamiento: presionar el botón de encendido para encender y apagar el medidor, utilizar las teclas de flecha para cambiar la función de prueba, identificar la función de prueba en uso se indica mediante la flecha intermitente en la pantalla del medidor, y finalmente, tener en cuenta que el equipo se apaga automáticamente después de aproximadamente cuatro minutos para conservar la batería.

Aunque el equipo rapitest digital 3-way analyzer no es un instrumento de medición profesional de laboratorio, su uso y funcionalidad están respaldados por la literatura que valida este tipo de dispositivos de bajo costo para el control y monitoreo de variables ambientales y agrícolas (Ruiz-Gonzalez *et al.*, 2024; Hinojosa-Meza *et al.*, 2022). Además, dado que existen diferencias entre equipos de laboratorio y sensores económicos en términos de precisión y costo, estos últimos permiten una cobertura mayor y una implementación más práctica en contextos educativos o comunitarios (Schwamback *et al.*, 2023).

Figura 2. Equipo rapitest digital 3-way analyzer.



Fuente: Luster Leaf Products, Inc. (2024).

Las mediciones se realizaron una vez por semana durante tres meses. Se recolectaron los datos de las variables *temperatura*, *pH* y *fertilidad* para los grupos lombricera 1 (L1), Lombricera 2 (L2) y compostera (C). La diferencia entre las lombrices radicó en la distribución de los alimentos. Cada variable tuvo un proceso específico de medición, de acuerdo con la funcionalidad del equipo rapitest digital 3-way analyzer.

Para la medición de la *temperatura* se siguió el siguiente proceso:

- Paso 1: con el equipo encendido y configurado en el modo de temperatura, se insertó la sonda en el suelo a una profundidad mínima de 5 a 8 cm.
- Paso 2: luego se esperó 60 segundos (s) hasta que se estabilice la medición, momento en el cual se observó y registró el valor mostrado en la pantalla del equipo.
- Paso 3: se retiró la sonda de la tierra oscura y se procedió su limpieza con algodón.

En lo que corresponde al *pH*, se aplicó el siguiente procedimiento:

- Paso 1: se retiraron los 5 cm superiores de la superficie de la tierra oscura, para luego desmenuzar cualquier terrón presente hasta alcanzar una profundidad de 12 cm.
- Paso 2: Se añadió 1 litro (L) de agua hasta alcanzar una condición de saturación hídrica.
- Paso 3: se apisonó la tierra húmeda hasta compactarla completamente.
- Paso 4: se introdujo ligeramente la sonda a una profundidad de 10 a 12 cm (en el caso de que no se deslizaba fácilmente, se seleccionaba una nueva posición) configurado el equipo en el modo de *pH*.
- Paso 5: se giró la sonda en sentido horario y antihorario varias veces hasta que la tierra se distribuya sobre la superficie de la sonda.
- Paso 6: se registró el valor mostrado en la pantalla del equipo.
- Paso 7: se retiró la sonda y se procedió su limpieza con algodón.

En lo que corresponde a la *fertilidad*, se realizó el mismo procedimiento en lo que concierne al *pH*, con la eliminación del paso 3 y la modificación del paso 4 en lo que corresponde a la configuración del equipo en el modo de *fertilidad*.

Para garantizar que factores externos no influyeran en las mediciones, se establecieron criterios de control de variables ambientales, como la exposición excesiva a la luz solar (que afectan directamente a las lombrices), la lluvia y los cambios bruscos de temperatura ocasionados por las corrientes de viento del sector. Por esta razón, tanto las lombriceras como las composteras se ubicaron bajo una cubierta como medida de protección y control. Asimismo, las mediciones se realizaron siempre en el mismo horario (entre las 09:00 y las 10:30), cuando las condiciones climáticas permanecían estables. Este tipo de controles permitieron reducir las afectaciones asociadas a variables externas sobre los parámetros edafológicos registrados.

Es importante mencionar que, tanto el procedimiento para el tratamiento de lombriceras y composteras como el procedimiento para la recolección de datos fueron ejecutadas por estudiantes de primero y segundo de bachillerato de la unidad educativa previamente mencionada, quienes recibieron la debida capacitación para realizar las actividades de forma correcta.

Tratamiento estadístico

En lo que corresponde al tratamiento estadístico, se efectuó un análisis general mediante la aplicación de estadística descriptiva con el propósito de conocer el comportamiento previo de las variables en estudio. Entre los estadísticos utilizados se incluyeron la media aritmética, desviación estándar, valor mínimo y máximo. Asimismo, se realizó un gráfico de distribución de densidad y se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk (adecuada para muestras pequeñas) con la finalidad de verificar el supuesto de normalidad en los datos. La muestra establecida por cada grupo fue de nueve observaciones según las variables de estudio establecidas.

El número de observaciones se estableció en función del período de muestreo, acorde con el enfoque y diseño de la investigación, correspondiente a mediciones semanales durante tres meses. Al ser un tamaño muestral pequeño, este resulta válido cuando se trata de estudios de carácter exploratorio y es compatible con las características y requerimientos de la prueba de Shapiro-Wilk, diseñadas específicamente para evaluar la normalidad de los datos en muestras reducidas (Serdar *et al.*, 2021).

Además, para verificar si las variables medidas entre los grupos presentaban diferencias significativas, se aplicó la correlación de Pearson o Spearman, dependiendo de la normalidad de los datos. Al existir tres grupos, y si al menos dos de ellos cumplían con el supuesto de normalidad, se utilizó la prueba paramétrica (Pearson) o viceversa.

Para el procesamiento de los datos tanto para la parte gráfica como en la estructuración y análisis, se utilizó el software RStudio en su versión 2024.12.1, junto con los paquetes: "readxl", "ggplot2", "dplyr" y "tidyverse", cada una con sus respectivas librerías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estadísticos descriptivos muestran que la variable *temperatura* presenta una mayor dispersión y rangos (tabla 3), lo cual se confirma con la distribución de densidad de la figura 3, donde se observa que para los tres grupos C, L1 y L2 el comportamiento a grandes rasgos, no cumple con el supuesto de normalidad debido a que su distribución asimétrica, es decir, existen sesgos. Para corroborar de forma adecuada mediante inferencia estadística, los p-valores de la prueba de normalidad mostrados en la tabla 4 son inferiores a 0.05, ratificando que los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 2. *Datos recolectados por grupo y variable.*

| Grupo | Temperatura | Fertilidad | pH |
|-------|-------------|------------|-----|
| L1 | 11.66 | 5 | 7.0 |
| L2 | 10.55 | 8 | 6.6 |
| C | 10 | 7 | 7.0 |
| L1 | 12.77 | 4 | 6.4 |
| L2 | 13.33 | 4 | 6.8 |
| C | 11.66 | 8 | 6.3 |
| L1 | 12.22 | 5 | 6.8 |
| L2 | 12.22 | 6 | 6.8 |
| C | 11.66 | 6 | 6.2 |
| L1 | 15 | 4 | 7.0 |
| L2 | 13.33 | 6 | 6.8 |
| C | 15 | 8 | 6.4 |
| L1 | 12.22 | 5 | 6.5 |
| L2 | 11.11 | 6 | 6.8 |
| C | 12.22 | 5 | 6.6 |
| L1 | 11.11 | 5 | 6.7 |
| L2 | 11.66 | 5 | 6.0 |
| C | 11.11 | 5 | 7.0 |

| | | | |
|----|-------|---|-----|
| L1 | 11.66 | 6 | 7.6 |
| L2 | 12.77 | 5 | 7.2 |
| C | 12.22 | 5 | 7.0 |
| | | | |
| L1 | 20.55 | 4 | 7.0 |
| L2 | 18.33 | 6 | 7.0 |
| C | 18.88 | 5 | 7.2 |
| | | | |
| L1 | 12.22 | 5 | 6.9 |
| L2 | 10.55 | 7 | 6.4 |
| C | 10.55 | 7 | 7.2 |

Nota: Los valores de temperatura están expresados en °C. La fertilidad no se expresa en ppm, se interpreta por rangos y categorizada de forma ordinal mediante una escala del 0 al 9 establecida por el fabricante del equipo (tabla 1).

Fuente: Elaborada por los autores.

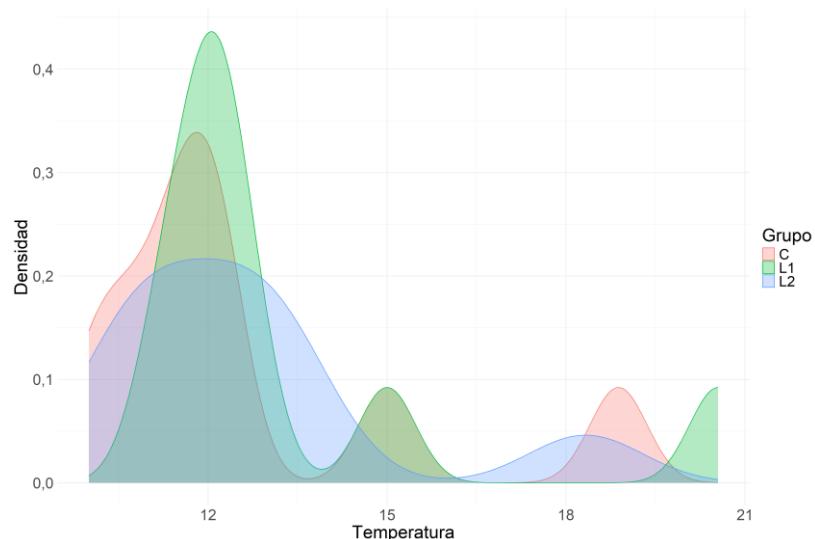
Tabla 3. Estadísticos descriptivos para la variable temperatura.

| Grupo | Media aritmética | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|-------|------------------|---------------------|--------|--------|
| C | 12.6 | 2.75 | 10.0 | 18.9 |
| L1 | 13.3 | 2.95 | 11.1 | 20.6 |
| L2 | 12.6 | 2.39 | 10.6 | 18.3 |

Nota: Los valores de temperatura están expresados en °C. Los datos fueron procesados y analizados utilizando RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

Figura 3. Distribución de densidad para la variable temperatura.



Nota: La figura se elaboró con los datos procesados en RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 4. Prueba de normalidad para la variable temperatura.

| Grupo | W | p-valor |
|-------|--------|---------|
| C | 0.7978 | 0.0193 |
| L1 | 0.6781 | 0.0008 |
| L2 | 0.7973 | 0.0190 |

Nota: W es el estadístico de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Los datos fueron procesados y analizados utilizando RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

Por otro lado, la variable *fertilidad* presenta una variabilidad y rangos moderados (tabla 5). En la figura 4, se observa que para los grupos C y L1 las distribuciones son asimétricas con presencia de picos, lo que indica una mayor concentración de los datos en ciertas zonas. En el caso del grupo L2, la distribución tiende a ser más simétrica, sugiriendo una mayor probabilidad que la distribución sea normal. Para contrastar esta observación, en la tabla 6 los p-valores correspondientes a los grupos C y L1 son inferiores a 0.05, indicando que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad. En cambio, el grupo L2 presenta un p-valor superior a 0.05, lo que permite verificar que los datos cumplen con una distribución normal.

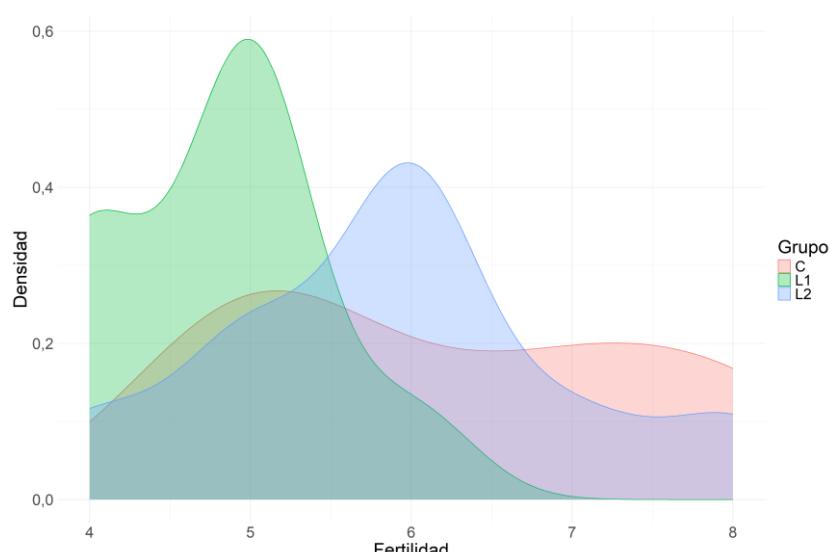
Tabla 5. Estadísticos descriptivos para la variable fertilidad.

| Grupo | Media aritmética | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|-------|------------------|---------------------|--------|--------|
| C | 6.22 | 1.30 | 5 | 8 |
| L1 | 4.78 | 0.667 | 4 | 6 |
| L2 | 5.89 | 1.17 | 4 | 8 |

Nota: La fertilidad no se expresa en ppm, se interpreta por rangos y categorizada de forma ordinal mediante una escala del 0 al 9 establecida por el fabricante del equipo (tabla 1). Los datos fueron procesados y analizados utilizando RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

Figura 4. Distribución de densidad para la variable fertilidad.



Nota: La figura se elaboró con los datos procesados en RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 6. Prueba de normalidad para la variable fertilidad.

| Grupo | W | p-valor |
|-------|--------|---------|
| C | 0.8158 | 0.0309 |
| L1 | 0.8126 | 0.0284 |
| L2 | 0.9412 | 0.5948* |

Nota: W es el estadístico de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

El * indica que el grupo se distribuye normalmente ($p \geq 0,05$). Los datos fueron procesados y analizados utilizando RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

Finalmente, la variable *pH* presenta una menor dispersión y rangos reducidos (tabla 7). La exploración previa de los datos, mostrada en la figura 5, indica que los grupos tienen mayor concentración de datos en la zona central de la distribución de densidad. A pesar de que los rangos son bajos, la gráfica muestra sesgos moderados en la distribución. En base a lo explicado, un gráfico estadístico es útil para observar el comportamiento de los datos, pero no permite determinar la veracidad si los datos se distribuyen de forma normal. En este caso, aplicar la prueba de normalidad definida en el apartado anterior, ayuda a verificar con mayor precisión el supuesto de normalidad. En la tabla 8, se muestra que los p-valores en los grupos son superior a 0.05, esto indica que la variable *pH* sigue una distribución normal en cada grupo.

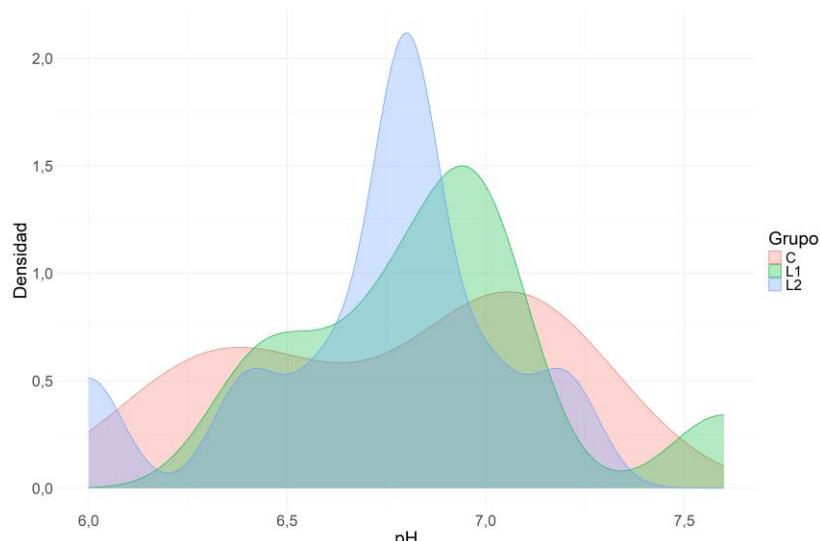
Tabla 7. Estadísticos descriptivos para la variable *pH*.

| Grupo | Media aritmética | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|-------|------------------|---------------------|--------|--------|
| C | 6.77 | 0.394 | 6.2 | 7.2 |
| L1 | 6.88 | 0.349 | 6.4 | 7.6 |
| L2 | 6.71 | 0.348 | 6.0 | 7.2 |

Nota: Los datos fueron procesados y analizados utilizando RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

Figura 5. Distribución de densidad para la variable *pH*.



Nota: La figura se elaboró con los datos procesados en RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 8. Prueba de normalidad para la variable pH.

| Grupo | W | p-valor |
|-------|--------|---------|
| C | 0.8680 | 0.1170* |
| L1 | 0.9193 | 0.3865* |
| L2 | 0.9131 | 0.3385* |

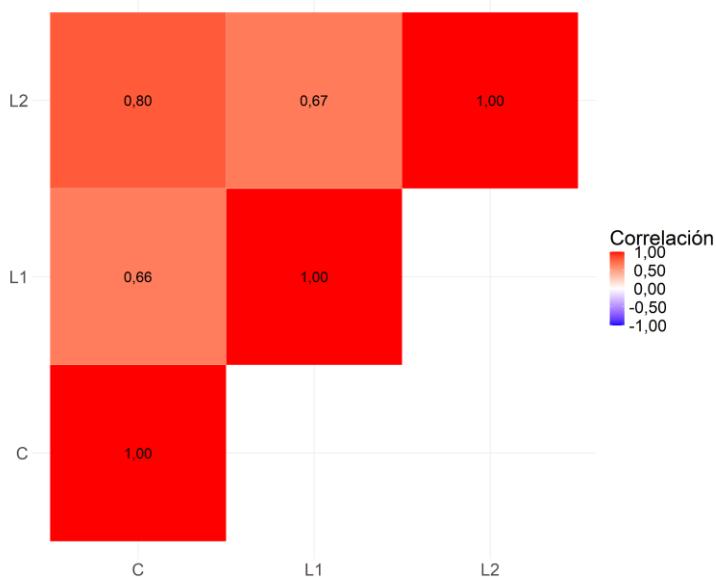
Nota: W es el estadístico de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

El * indica que el grupo se distribuye normalmente ($p \geq 0,05$). Los datos fueron procesados y analizados utilizando RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

En cuanto a la correlación entre grupos para cada variable analizada, se encontró que la variable *temperatura* (figura 6) presenta una alta correlación positiva en todos los grupos, especialmente en C y L2, con un valor de 0.80. Este valor permite interpretar que la actividad de ubicar la alimentación en el compostaje y vermicompostaje genera diferencias significativas, principalmente por la humedad producida por los alimentos, ya sea por el proceso de descomposición o por el humus que generado por las lombrices. Esto indica que la temperatura mantiene una relación directamente proporcional con estos factores. En los demás casos, las comparaciones entre grupos mostraron correlaciones moderadas (Zhou *et al.*, 2021).

Figura 6. Matriz de correlación de Spearman para la variable temperatura.



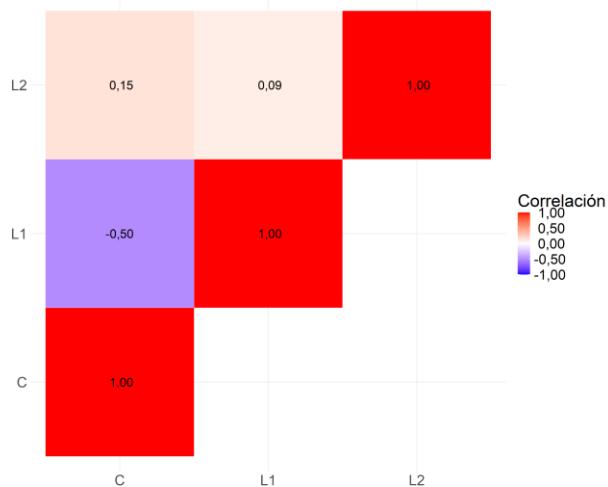
Nota: Los coeficientes de la correlación de Spearman se representan mediante una escala de color, donde los tonos más intensos indican correlaciones más altas. La figura se generó con los datos procesados en RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

En relación con la variable *fertilidad* (figura 7), se observa una correlación negativa moderada entre los grupos C y L1 con un coeficiente de -0.5. Este valor se puede interpretar que la fertilidad entre los dos grupos mantiene una proporcionalidad inversa. Esta situación puede explicarse debido a que el vermicompostaje, que depende de la digestión de las lombrices, genera concentraciones mayores de nutrientes, sin embargo, al tener dosis elevadas puede incrementar el nivel de acidez del suelo, afectando negativamente el crecimiento de vegetales. Por otro lado, el compostaje, al utilizar residuos orgánicos en descomposición presenta una mejor estabilidad química que favorece las

condiciones del suelo. En los demás casos, las comparaciones entre grupos mostraron correlaciones bajas (Gebrekidan et al., 2025).

Figura 7. Matriz de correlación de Spearman para la variable fertilidad.

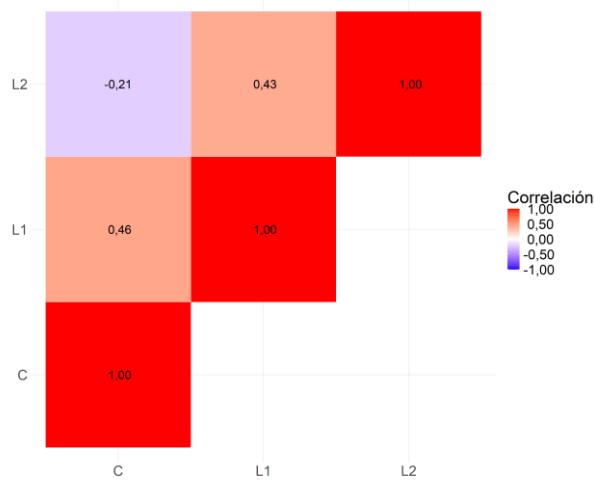


Nota: Los coeficientes de la correlación de Spearman se representan mediante una escala de color, donde los tonos más intensos indican correlaciones más altas. La figura se generó con los datos procesados en RStudio (2024).

Fuente: Elaborada por los autores.

Finalmente, la variable *pH* (figura 8), se observa una correlación positiva moderada en los grupos C y L1 con un coeficiente de 0.46 y en los grupos L1 y L2 con un valor correlacional de 0.43. Estos valores indican que tanto en el compostaje y vermicompostaje presentan una proporcionalidad directa. Se puede argumentar que los desechos orgánicos y el humus proporcionado por las lombrices origina que el *pH* se incremente debido a la concentración de nutrientes, esto resulta muy beneficioso para cualquier proceso de cultivo siempre y cuando exista una estabilidad o equilibrio en la composición química (Terefe et al., 2024).

Figura 8. Matriz de correlación de Pearson para la variable *pH*.



Nota: Los coeficientes de la correlación de Pearson se representan mediante una escala de color, donde los tonos más intensos indican correlaciones más altas. La figura se generó con los datos procesados en RStudio (2024).

La aplicabilidad del proceso de vermicompostaje depende de diversos factores que inciden en su ejecución directa o indirecta. Uno de los factores es el tratamiento adecuado de las lombrices, que incluye el cuidado del hábitat, alimentación, entre otras. La finalidad es garantizar una funcionalidad óptima de las lombrices y el correcto uso del suelo enriquecido de nutrientes que aporta el humus. La *temperatura* es una variable fundamental al utilizar lombrices, los resultados mostraron que en los grupos analizados la temperatura oscila entre 10 y 20.6 °C, lo que concuerda parcialmente con la investigación realizada por Rincones et al. (2023), donde señalan que la temperatura ideal es de 20 y 30 °C. La variación observada puede deberse por la ubicación geográfica y a las características de cada región (Sierra o Costa).

Respecto a la variable *fertilidad*, los resultados mostraron valores entre 4 y 8, considerados como ideales para el proceso de cultivo según las especificaciones técnicas establecidas en el manual de Luster Leaf Products, Inc. (2024). Las concentraciones de los nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio desempeñan un papel importante en la calidad del suelo y una buena alimentación que reciba las lombrices es crucial para lograr parámetros ideales. Sin embargo, la humedad en el hábitat de las lombrices debe controlarse cuidadosamente. Rincones et al. (2023) manifiestan que el rango óptimo oscila entre el 70 y 80%, y que valores superiores podrían perturbar la piel de las lombrices, afectando directamente la respiración.

Por otro lado, la variable *pH* mostró valores entre 6 y 7.6; considerados en un rango óptimo para procesos de cultivo y favorable para la supervivencia de las lombrices. Además, en este rango de *pH*, todos los nutrientes minerales esenciales (nitrógeno, fósforo y potasio) están disponibles para los cultivos en cantidades suficientes. No obstante, un suelo demasiado ácido impide que las bacterias que descomponen la materia orgánica puedan vivir (Barrow y Hartemink, 2023).

Con respecto al equipo rapitest digital 3-way analyzer, este es un dispositivo portable semicuantitativo, cuya funcionalidad es reportar valores de fertilidad en forma de rangos o escalas, y no como mediciones exactas expresadas en ppm. Esto limita la comparabilidad directa con el análisis de laboratorio, no obstante, la justificación para su uso en la presente investigación fue por su accesibilidad, bajo costo y replicabilidad en contextos educativos o comunitarios, aunque es recomendable la validación y calibración frente a un análisis de referencia en estudios futuros (Pal et al., 2024). El uso de equipos portátiles es apropiado para realizar actividades pedagógicas y obtener diagnósticos rápidos, sin embargo, en proyectos que tengan como fin establecer normativas o políticas a gran escala, es conveniente incorporar procesos de validación analítica y el incremento del tamaño muestral para conseguir mayor precisión y robustez en los resultados (Kohl et al., 2025).

En cuanto a las variables ambientales externas, se controlaron factores intrínsecos (uso de cubierta y estandarización en el horario para la toma de datos), así como la variabilidad geográfica y situaciones climáticas propias del sector, las cuales pueden diferir con estudios aplicados en otras regiones. Por ende, resulta de gran importancia replicar este tipo de investigaciones en diversos contextos y localizaciones, con la finalidad de fortalecer la validez externa de los resultados (Ngaba et al., 2024).

CONCLUSIONES

El análisis de las variables *temperatura*, *fertilidad* y *pH* mostraron un comportamiento distinto al comparar los grupos C, L1 y L2. El *pH* presentó la menor dispersión, con promedios de 6.77 (± 0.394) en C, 6.88 (± 0.349) en L1 y 6.71 (± 0.348) en L2, lo que evidencia una mejor estabilidad entre la comparación de grupos. Por otro lado, la temperatura mostró una mayor variabilidad, con promedios de 12.6 ($\pm 2.75^{\circ}\text{C}$) en C, 13.3 ($\pm 2.95^{\circ}\text{C}$) en L1 y 12.6 ($\pm 2.39^{\circ}\text{C}$) en L2, variación asociada a la presencia de humedad tanto en la descomposición de los alimentos en el compostaje como en el humus

generado en el vermicompostaje. Finalmente, la fertilidad tuvo una variabilidad moderada, con promedio de 6.22 (± 1.30) en C, 4.78 (± 0.667) en L1 y 5.89 (± 1.17) en L2, manteniéndose dentro de rangos ideales para la concentración de nutrientes.

Al comparar los grupos por cada variable, la temperatura mostró una alta correlación ($r = 0.8$) entre los grupos C y L2, demostrando que la actividad microbiana, descomposición de residuos orgánicos y el humus de las lombrices influyen en el compostaje y vermicompostaje respectivamente. En los demás casos, la comparación de grupos presentó correlaciones bajas y moderadas en las variables *fertilidad* ($r = 0.15$ entre C y L2; $r = 0.09$ entre L1 y L2) y *pH* ($r = -0.21$ entre C y L2; $r = 0.43$ entre L1 y L2) respectivamente, evidenciando diferencias en la dinámica de estos parámetros.

El uso de estadística descriptiva e inferencial en este tipo de variables permitió comprobar la funcionalidad y viabilidad de realizar actividades de compostaje y vermicompostaje. Asimismo, la comparación mediante el compostaje evidenció en qué medida el suelo favorece el proceso de cultivo mediante la concentración de nutrientes. Estos resultados son de utilidad para la toma de decisiones, sobre todo para optimizar la manipulación de materia orgánica y el manejo de lombrices, procurando prácticas amigables con el medio ambiente y saludables para el ser humano cuando se utiliza este tipo de suelo en los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, M. R., Ramírez S, C. y Cadena C, L. F. (2024). Las prácticas agrícolas tradicionales para enfrentar retos medioambientales: una revisión sistemática de la literatura publicada entre 2020 y 2024. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(5), 932-954. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13474

Barrow, N. J. y Hartemink, A. E. (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant and Soil*, 487(1), 21-37. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5>

Cando, L. E. C., Vaca, C. V. B., Cabezas, L. A. M. y Carrión, E. N. Q. (2024). Potencialidades de la lombricultura, en la educación ambiental, para optimizar el aprendizaje de la química verde. *Polo del Conocimiento*, 9(2), 807–827. <https://acortar.link/z8TWL6>

Carvalho, A. M. y Cirión, L. E. C. (2022). Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos en el medio rural. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(4), 990-1013. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2641

Elissen, H. J. H., van der Weide, R. y Gollenbeek, L. (2023). *Effects of vermicompost on plant and soil characteristics – a literature overview* (Informe WPR-OT 995). Wageningen Research. <https://doi.org/10.18174/587210>

Enríquez, J. T. (2021). *Los abonos orgánicos: Ventajas y desventajas en los cultivos hortícolas de la costa ecuatoriana* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio institucional. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9284>

Gebrekidan, L., Wogi, L. y Chimdi, A. (2025). Integrated effect of NPS and vermicompost addition on the selected soil properties at the Bako Agricultural Research Center in Gobu Sayo District Western Oromia, Ethiopia. *Discover Agriculture*, 3(1), 27. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00129-9>

González-Jiménez, Y. y Villalobos-Morales, J. (2021). Manejo ambiental de residuos orgánicos: Estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de

trampas de grasa y aceite. *Revista tecnología en marcha*, 34(2), 11-22. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i2.4843>

Ho, T. T. K., Le, T. H., Tran, C. S., Nguyen, P. T., Vo, T. D. H., Thai, V. N., y Bui, X. T. (2022). Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 6, 100211. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100211>

Hinojosa-Meza, R., Olvera-Gonzalez, E., Escalante-Garcia, N., Dena-Aguilar, J. A., Montes Rivera, M., y Vacas-Jacques, P. (2022). Cost-Effective and Portable Instrumentation to Enable Accurate pH Measurements for Global Industry 4.0 and Vertical Farming Applications. *Applied Sciences*, 12(14), 7038. <https://doi.org/10.3390/app12147038>

Katiyar, R. B., Sundaramurthy, S., Sharma, A. K., Arisutha, S., Pratap-Singh, A., Mishra, S., Ayub, R., Jeon, B.-H., y Khan, M. A. (2023). Vermicompost: An Eco-Friendly and Cost-Effective Alternative for Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 15(20), 14701. <https://doi.org/10.3390/su152014701>

Kohl, L., Vielhauer, C., Ozturk, A., Minarsch, E.-M. L., Ahl, C., Niether, W., Clifton-Brown, J. y Gattigner, A. (2025). Field Evaluation of a Portable Multi-Sensor Soil Carbon Analyzer: Performance, Precision, and Limitations Under Real-World Conditions. *Soil Systems*, 9(3), 67. <https://doi.org/10.3390/soilsystems9030067>

Luster Leaf Products Inc. (2024). *Rapitest digital 3way soil analyzer: Instructions (Manual del modelo 1835)*. <https://acortar.link/Y31XFV>

Meena, A. L., Karwal, M., Dutta, D. y Mishra, R. P. (2021). Composting: phases and factors responsible for efficient and improved composting. *Agriculture and Food: e-Newsletter*, 1, 85-90. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13546.95689>

Molina, J. C. T. y de la Guerra, C. G. C. (2025). Estrategia de Química Verde para el Manejo Sostenible de Residuos Orgánicos de la Agricultura Ecuatoriana: Un Enfoque Ecológico y Técnico de Lombricultura. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 6(15), 461-472. <https://doi.org/10.56519/h46w7191>

Monta-Calle, D. y Yáñez-Moretta, P. (2023). Consideraciones para un prototipo de estación de lombricultivo y el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en una institución de educación superior de Quito. *Polo del Conocimiento*, 8(9), 300-323. <https://acortar.link/inEchH>

Ngaba, M. J. Y., Mgelwa, A. S., Gurmesa, G. A., Uwiragiye, Y., Zhu, F., Qiu, Q., ... y Rennenberg, H. (2024). Meta-analysis unveils differential effects of agroforestry on soil properties in different zonobiomes. *Plant and Soil*, 496(1), 589-607. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06385-w>

Nova, M. L., Ferronato, N., Ragazzi, M. y Torretta, V. (2019). Vermicomposting process for treating animal slurry in Latin American rural areas. *Waste Management y Research*, 37(6), 611-620. <https://doi.org/10.1177/0734242X19839483>

Oyege, I. y Balaji Bhaskar, M. S. (2023). Effects of vermicompost on soil and plant health and promoting sustainable agriculture. *Soil Systems*, 7(4), 101. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7040101>

Pacheco, A. M., Porras, I. D. y Rodríguez, D. A. (2021). Dispositivo para la clasificación de residuos sólidos y medición de huella ecológica. *Revista Habitus: Semilleros de investigación*, 1(2), 12181. <https://doi.org/10.19053/22158391.12181>

Pal, A., Dubey, S. K., Goel, S. y Kalita, P. K. (2024). Portable sensors in precision agriculture: Assessing advances and challenges in soil nutrient determination. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 180, 117981. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2024.117981>

Pimentel, K. R., Pérez, D. M., Peña, L. E. T., Revol, M. M. y Reyes, D. M. (2023). Efecto de la utilización de estiércol porcino y caprino como sustrato en la producción de humus de lombriz Eisenia foétida (Lombriz roja californiana). *Ecovida*, 13(2), 58-65. <https://acortar.link/wLmoc>

Rincones, P. A., Zapata, J. E., Figueroa, O. A. y Parra, C. (2023). Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida). *Información tecnológica*, 34(2), 11-20. <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-07642023000200011>

Ruiz-Gonzalez, A., Kempson, H. y Haseloff, J. (2024). Development of a Low-Cost Sensor System for Accurate Soil Assessment and Biological Activity Profiling. *Micromachines*, 15(11), 1293. <https://doi.org/10.3390/mi15111293>

Schwambach, D., Persson, M., Berndtsson, R., Bertotto, L. E., Kobayashi, A. N. A. y Wendland, E. C. (2023). Automated Low-Cost Soil Moisture Sensors: Trade-Off between Cost and Accuracy. *Sensors*, 23(5), 2451. <https://doi.org/10.3390/s23052451>

Serdar, C. C., Cihan, M., Yücel, D. y Serdar, M. A. (2021). Sample size, power and effect size revisited: simplified and practical approaches in pre-clinical, clinical and laboratory studies. *Biochimia médica*, 31(1), 010502. <https://hrcak.srce.hr/252075>

Singh, V., Wyatt, J., Zoungrana, A. y Yuan, Q. (2022). Evaluation of Vermicompost Produced by Using Post-Consumer Cotton Textile as Carbon Source. *Recycling*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.3390/recycling7010010>

Terefe, Z., Feyisa, T., Molla, E. y Ejigu, W. (2024). Effects of vermicompost and lime on acidic soil properties and malt barley (*Hordeum Distichum L.*) productivity in Mecha district, northwest Ethiopia. *PLoS One*, 19(12), e0311914. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311914>

Zhang, H., Li, J., Zhang, Y., y Huang, K. (2020). Quality of Vermicompost and Microbial Community Diversity Affected by the Contrasting Temperature during Vermicomposting of Dewatered Sludge. *International journal of environmental research and public health*, 17(5), 1748. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051748>

Zhou, Y., Zhang, D., Zhang, Y., Ke, J., Chen, D. y Cai, M. (2021). Evaluation of temperature on the biological activities and fertility potential during vermicomposting of pig manure employing Eisenia fetida. *Journal of Cleaner Production*, 302, 126804. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126804>