

EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE ESTIÉRCOL PORCINO Y CAPRINO  
COMO SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ  
*Eisenia foétida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)

EFFECT OF THE USE OF PIG AND GOAT MANURE AS SUBSTRATE ON  
THE PRODUCTION OF WORM HUME *Eisenia foetida* (CALIFORNIAN RED  
WORM)

Katuska Ravelo Pimentel<sup>1</sup>, Darien Miranda Pérez<sup>2</sup>, Luisa Elena Toledo Peña<sup>3</sup>, Marcelino Martínez Revol<sup>4</sup>, Diosbel Maqueira Reyes<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0000-0001-7622-6602>

<sup>2</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0000-0002-3601-2228>

<sup>3</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0000-0002-0455-4866>

<sup>4</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0000-0002-4216-6039>

<sup>5</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0000-0002-7239-0787>

\*Autor para la correspondencia (e-mail): [darien961103@gmail.com](mailto:darien961103@gmail.com)

Recibido para su publicación: 31/01/2023 - Aceptado para su publicación: 28/03/2023

### Resumen

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la utilización del estiércol porcino combinado estiércol caprino como alimento para producir humus de lombriz *Eisenia foétida* (lombriz roja californiana). Las unidades experimentales estuvieron constituidas por 9 lechos de 1m x 1m x 0,5m distribuidas bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar en las que se experimentó el efecto de 3 tratamientos con 3 repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron: estiércol porcino 100%, estiércol caprino 100% y la combinación de estiércol porcino 50% más estiércol caprino 50%. Los resultados permiten concluir que el efecto de la combinación de ambos sustratos en la alimentación de lombrices fue positivo lo que favorece la producción de humus de lombriz y la reproducción de las mismas. La utilización de estiércol caprino mejoró parámetros de reproducción, producción de biomasa, calidad del humus, tiempo conversión sustrato fertilizante. Así también se demostró que el uso solamente de estiércol porcino alarga el tiempo de obtención del sustrato a humus, así como se obtienen niveles más bajo de reproducción. La combinación de los estiércoles favorece que los sustratos mejoren su relación carbono nitrógeno y se facilita su manejo.

**Palabras clave:** Estiércol caprino, Humus de lombriz, sustratos, estiércol porcino.

### Abstract

In the present work, the effect of using pig manure combined with goat manure as food to produce earthworm humus *Eisenia foetida* (California red worm) was evaluated. The experimental units consisted of 9 beds of 1m x 1m x 0.5m distributed under a Random Complete Block Design in which the effect of 3 treatments with 3 repetitions was experienced. The treatments applied were: 100% pig manure, 100% goat manure and the combination of 50% pig manure plus 50% goat manure. The results allow us to conclude that the effect of the combination of both substrates on worm feeding was positive, which favors the production of worm humus and their reproduction. The use of goat manure improved reproduction parameters, biomass production, humus quality, fertilizer substrate conversion time. Thus, it was also demonstrated that the use of only pig manure lengthens the time for obtaining the substrate to

---

humus, as well as lower levels of reproduction are obtained. The combination of manures favors that the substrates improve their carbon nitrogen ratio and their handling is facilitated.

**Key words:** *Goat manure, Earthworm humus, substrates, pig manure.*

---

## INTRODUCCIÓN

El suelo como recurso natural renovable debe ser manejado en forma racional, para que este se renueve, conserve y para obtener nuestros alimentos debe usarse más intensamente la tierra y para ello se aplican grandes cantidades de abonos químicos. Pero estas operaciones también tienen un límite. Las tierras se acidifican, erosionan, contaminan y se empobrecen por el uso constante de arados, maquinarias y por la utilización de fertilizantes químicos sintéticos (Poma *et al.*, 2019).

Para disminuir la acidificación, erosión, y contaminación del suelo, se ha difundido el uso de lombrices para la transformación de los desechos en abonos orgánicos de muy buena calidad, útiles para el mejoramiento de los suelos. Sin embargo, es necesario conocer el tiempo de descomposición, factores de conversión y el contenido nutricional de sustratos de origen animal y vegetal, como también la capacidad reproductiva de la lombriz en diferentes sustratos en nuestro medio (Katherine *et al.*, 2020).

La lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) la cual consume residuos orgánicos que al transformarse son aprovechados como abono para cultivos agrícolas. A estos desechos orgánicos arrojados por la Lombriz se le conocen con el nombre de Humus que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica y es un abono de excelente calidad. El empleo de abonos orgánicos, los cuales se definen como fertilizantes de origen natural; cumplen un papel muy importante al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos siendo además una buena alternativa para el manejo ecológico de los desechos contaminantes como basura orgánica, desperdicios de cocina, estiércoles de establos (Velasquez *et al.*, 2019).

Los elementos del estiércol tales como el nitrógeno y el fósforo, la materia orgánica, sedimentos, patógenos, metales pesados, hormonas, antibióticos y amonio pueden contribuir a la contaminación del agua y suelo, y ser peligrosas para la salud humana, de animales y plantas. En tal sentido, la presente investigación trata de transformar dichos desechos en productos útiles como la lombricomposta, incrementando así el valor de los mismos, planteando como **objetivo** evaluar el efecto de dos sustratos a base de estiércol porcino y estiércol caprino en la producción de humus de lombriz y en la reproducción de lombrices; definiendo como **hipótesis** que si la cantidad y calidad de biomasa y el incremento de población de la lombriz de tierra *Eisenia foetida* dependerá de la composición del sustrato utilizado (estiércol porcino y estiércol caprino).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Localización y duración del experimento*

La presente investigación se desarrolló en la Cooperativa de Crédito y Servicio Rubén Martínez Villena, en el municipio de Viñales. El trabajo experimental tuvo una duración de cuatro meses.

### *Unidades experimentales*

Se trabajó con un total de nueve unidades experimentales (lechos) estudiándose el efecto de tres tratamientos, bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar, cada tratamiento constó de tres repeticiones. Los nueve lechos tuvieron una dimensión de

1.0 x 1.0 x 0.5 metros; estas unidades se poblaron con lombriz Roja Californiana con un tamaño de 20 lombrices por cada unidad experimental por cada lecho de 1m<sup>2</sup>.

### **Materiales, equipos e instalaciones**

#### *Materiales.*

180 lombrices, estiércol caprino, cal, estiércol porcino, sacos, agua, paja, papel indicador pH, una carretilla, dos palas y rastrillo, regaderas, una zaranda, material de escritorio.

#### Equipos.

Balanzas, Computadora, Cámara fotográfica, Instalaciones, nueve lechos de 1.0m x 1.0 m x 0.5 m

### **Tratamientos y diseño experimental.**

Se evaluó la utilización de tres tratamientos bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones con lo que se obtiene un total de nueve unidades experimentales.

### **Modelo Matemático D.B.C.A:**

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

X<sub>ij</sub>= Valor del parámetro en consideración

μ= Media general

α<sub>i</sub>= Efecto de los tratamientos

β<sub>j</sub>= Efecto de los bloques

ε<sub>ij</sub>= Efecto del error experimental.

La (Tabla 1) muestra el esquema del experimento que se siguió con los tratamientos aplicados.

Tabla 1. Esquema del experimento.

Table 1. Scheme of the experiment.

	Tratamientos	Código	TUE	Replica	Total
<b>Sustrato</b>	Estiércol porcino 100%	T1	1 m <sup>2</sup>	3	3 m <sup>2</sup>
<b>Sustrato</b>	Estiércol caprino 100%	T2	1 m <sup>2</sup>	3	3 m <sup>2</sup>
<b>Sustrato</b>	Estiércol porcino 50% + estiércol caprino 50%	T3	1 m <sup>2</sup>	3	3 m <sup>2</sup>

TUE: *Tamaño de la Unidad Experimental.*

### **Mediciones experimentales**

#### **Fase de siembra**

Población de lombrices inicial (N/lecho), Biomasa inicial de lombrices a la siembra (gr), Temperatura (C°) y pH cada 15 días, Humedad. (%), Peso del sustrato inicial (Kg).

#### **Fase de cosecha.**

Población de lombrices adultas a la cosecha (N/lecho), Población de lombrices juveniles a la cosecha, Biomasa final. (gr), Número de capsulas a la cosecha, Tiempo de conversión Sustrato - Humus (N días), Conversión sustrato- humus (% y Kg).

### **Análisis estadísticos y pruebas de significancia**

#### **Análisis de varianza (ADEVA), para las diferencias**

Pruebas de significación según Tukey, para separación de medias con el nivel  $P < 0.05$  y  $P < 0.01$ .

## **Procedimiento experimental**

### **Descripción del experimento y Preparación de sustratos**

Tratamiento uno (sustrato de estiércol porcino al 100%): Para comenzar a fermentar aeróbicamente fue necesario que el sustrato esté fresco, comenzamos dando vuelta una o dos veces al día para que escapen los gases, alternando con suministro de agua para así evitar que el sustrato se caliente propiciando de esta forma la multiplicación de bacterias aeróbicas que comenzaron a degradarlo; este trabajo se realizó hasta que el sustrato esté maduro. En los días posteriores se realizó el siguiente manejo: se removió el material cada 24 horas hasta que la temperatura se mantuvo constante y el material presentó un color oscuro, sin mal olor y al tacto pastoso. El riego del sustrato se efectuó cada tres o cuatro días. Se estabilizó el alimento en un pH de 7,5 a 8,0, una humedad del 80% y una temperatura de 20 a 25 grados °C. Finalmente se tomaron los datos de temperatura, pH, humedad.

Tratamiento dos (Estiércol caprino 100%): Para comenzar a fermentar aeróbicamente fue necesario que el sustrato esté fresco, comenzamos dando vuelta una o dos veces al día para que escapen los gases, alternando con suministro de agua para así evitar que el sustrato se caliente propiciando de esta forma la multiplicación de bacterias aeróbicas que comenzaron a degradarlo; este trabajo se realizó hasta que el sustrato esté maduro. En los días posteriores se realizó el siguiente manejo: se removió el material cada 24 horas hasta que la temperatura se mantuvo constante y el material presentó un color obscuro, sin mal olor y al tacto pastoso. El riego del sustrato se efectuó cada tres o cuatro días. Se estabilizó el alimento en un pH de 7,5 a 8,0, una humedad del 80% y una temperatura de 20 a 25 grados °C. Finalmente se tomaron los datos de temperatura, pH, humedad.

Tratamiento tres (sustrato de estiércol porcino 50% + estiércol caprino 50%): Se hizo una mezcla utilizando el 50% de estiércol porcino y el 50% de estiércol caprino (cinco Kg de estiércol porcino más cinco Kg de estiércol caprino); El manejo del sustrato fue similar al tratamiento dos.

### **Llenado de las camas**

Las camas experimentales tuvieron las siguientes dimensiones 1.0 x 1.0x y 0.5 (m). En el fondo de la cama se colocó una capa delgada de cal y encima de esta se coloca el sustrato. Antes de inocular las lombrices revisamos el pH. El cual estuvo en los rangos requeridos gracias al control.

### **Siembra de la lombriz**

La siembra de lombriz se hizo en la mañana debido a que son fotofóbicas y se introducen con más facilidad al sustrato. Se colocó 20 individuos de lombrices adultas por cada lecho de 1m<sup>2</sup>. Posteriormente se tapó el lecho con paja y finalmente se regó cuidadosamente. Realizada la inoculación las lombrices penetraron y comenzaron a alimentarse y reproducirse.

### **Manejo de los lechos**

Para mantener controlada la humedad se regó los lechos, pero evitando excesos. Se realizó una sencilla prueba para determinar la humedad aproximada (consiste en coger la cantidad de sustrato que se alcance con el puño, apretar y si brotan de ocho a 10 gotas es que la humedad está en 80% aproximadamente). Se controló la temperatura constantemente la cual estuvo de 20 a 25 grados centígrados que es el rango óptimo. Adicionalmente se controló también el pH cada 15 días; 6, 8 a 7, 5 es el ideal. Para el efecto utilizamos tiras medidoras de acidez. El control de

oxígeno también fue importante evitando la presencia de material altamente compacto, evitamos el uso de plásticos. Se usó como protectores paja y hojas. Se evitó la presencia de animales indeseables cubriendo los lechos con ramas además que esta medida también evitó la evaporación rápida.

### **Cosecha del Humus**

Se dejó de suministrar agua por cuatro días previos a la cosecha para facilitar el tamizado y favorecer la utilización de las trampas para recoger lombrices. Se introdujo trampas para recoger las lombrices en la noche y se retiraron a la mañana siguiente. Finalmente se tamizó el contenido de cada lecho e inmediatamente se tomaron las respectivas mediciones experimentales utilizando las técnicas utilizadas en lombricultura.

### **Recolección de los resultados**

Como resultado de la cosecha se pudo obtener humus, lombrices y un excedente en desperdicio, estos se pesaron y midieron para obtener la efectividad de cada tratamiento. Las lombrices obtenidas de cada uno de los nueve lechos se pesaron y contaron por separado utilizando técnicas estadísticas de muestreo muy manejadas en lombricultura para determinar conteo de poblaciones y biomásas obtenidas. El humus cosechado de cada uno de los lechos también se pesó por separado con lo cual se determinó la producción en humus de cada uno de los tratamientos. El desperdicio obtenido tras la cosecha también ayudó a determinar la eficiencia productiva de cada lecho por lo cual también fue un parámetro a tomar en cuenta en las mediciones.

### **Metodología de evaluación**

#### **Sistema de evaluación de la población de lombrices a la siembra y cosecha mediante conteo**

Al momento de la siembra se introdujo 20 individuos de lombriz adulta en cada lecho de 1m<sup>2</sup>; para el conteo de las lombrices se utilizó una técnica muy manejada en lombricultura que consistió en tomar de cada Kg una muestra de 100 gr y contar cuántas lombrices existían en cada grupo para luego hacer una relación matemática y conocer un dato aproximado del número de lombrices por Kg.

#### **Sistema de evaluación de la población de lombrices adultas y juveniles a la cosecha**

Se utilizó la misma técnica de conteo; para la diferenciación entre lombrices adultas y juveniles se tomó en cuenta que las lombrices adultas poseen el clitelio que es un claro abultamiento glandular ubicado en la parte anterior del cuerpo y que aparece sólo en las lombrices adultas y representa la madurez sexual Fajardo,V. (2002). También tomamos en cuenta otras características como tamaño, grosor, coloración, etc.

#### **Sistema de evaluación de la biomasa final de lombrices por tratamiento**

La biomasa final se obtuvo del número de Kg obtenidos luego de pesar la cosecha de lombriz de cada lecho.

#### **Sistema de evaluación del número de cápsulas a la cosecha**

Para determinar el número de cápsulas se tomó una muestra de 250 gr de contenido de cada lecho; posteriormente se extrajeron solo las cápsulas y se las contó una a una para luego realizar la relación con el peso del material existente en cada lecho para determinar el número aproximado de cápsulas de cada uno.

#### **Sistema de evaluación del tiempo de conversión sustrato-fertilizante**

El tiempo que tardó el sustrato en convertirse en humus se determinó observando los cambios en las características físicas del sustrato; Así se tomó en cuenta la coloración, la textura, la existencia de material aún no digerido, el cual indica que el humus de lombriz es de color negruzco, granulado, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la población total de lombrices a la siembra y cosecha.

En la Tabla 2, se detalla la evolución de la población de lombrices desde el momento de la siembra a la cosecha; inicialmente se empleó 20 individuos de lombriz adulta por cada lecho de un m<sup>2</sup>, en el conteo existió un total de 60 individuos por tratamientos, lo cual no existe diferencia entre un tratamiento y otro, existiendo homogeneidad total en el número de lombrices que se utilizó al inicio en cada tratamiento.

**Tabla 2.** Población de lombrices a la siembra y a la cosecha por tratamientos.

**Table 2.** Earthworm population at sowing and harvest by treatments.

INDICADOR	Tratamientos			ES±
	Estiércol porcino 100%	Estiércol caprino 100%	Estiércol porcino 50% y Estiércol caprino 50%	
Población de lombrices a la siembra	60	60	60	
Población de lombrices a la cosecha	634 <sup>b</sup>	852 <sup>a</sup>	682 <sup>b</sup>	356*

Las letras diferentes entre filas indican diferencias estadísticas para ( $p < 0,05$ ) según

Prueba de rangos múltiples de Tukey.

Al momento de la cosecha se realizó un conteo total de lombrices por cada lecho y el análisis estadístico arrojó diferencias significativas. Así el tratamiento más efectivo fue: Estiércol caprino 100% con 852 lombrices, seguido del tratamiento combinado con estiércol porcino 50% y estiércol caprino 50% con 682 individuos, el cual no presenta diferencias estadísticas con el tratamiento 1 de estiércol porcino al 100%, siendo este el de menor número de lombrices con 634 anélidos.

En los tres tratamientos se corrobora lo planteado por Reyes *et al.*, (2022) los que refieren que la lombriz roja es muy prolifera, duplicándose cada 45 a 60 días; el incremento de la población puede alcanzar rápidamente cifras astronómicas esto se evidenció en la presente investigación, alcanzando a los 90 días una población de por encima de los 600 individuos, es decir, 30 veces más que la cantidad sembrada al inicio (20 lombrices). Otra razón es que este sustrato fue consumido totalmente, es decir no hubo gran desperdicio como sucede cuando se suministra otro tipo de materia orgánica.

Los resultados más bajos fueron los alcanzados por el estiércol de cerdo el cual a pesar de estar precompostado tiene una alta acidez y una elevada dosis de proteína y es por ello que es perjudicial para la vida de las lombrices. Estos resultados se explican en el alto contenido de materia orgánica presente en la fuente proteica del estiércol caprino; además que, proporciona la celulosa a la glucosa en el sustrato, adicionando, asimismo, un alto porcentaje de fibra, siendo estos suministros esenciales para el mejor desarrollo de la lombriz, tal como lo corrobora Palacios *et al.*, (2020).

Estos resultados son superiores a los obtenidos por Ulloa, 2003; quien usando como sustrato los restos de cosecha al 100% no dio buenos resultados por presentar una relación C/N alta lo que afectó a que el tiempo de transformación sea mayor.

Sin embargo, cuando lo comparamos con los reportes de Santos, (2021) quien alimentó con residuos de cocina y obtuvo resultados de 8 145 anélidos y de Jaimes *et al.*, (2020) quien alcanzó 5 563 podremos decir que los datos de esta investigación son similares y muy positivos, si tenemos en cuenta que a la hora de la siembra en nuestra investigación solo teníamos 60 individuos por tratamiento y estos autores sembraron un total de 2 349 a 2 539 individuos respectivamente.

La tendencia refleja que tanto el estiércol caprino como la combinación de ambos sustratos favorece la producción de lombrices, biomasa, número de cápsulas y contenido de nitrógeno en el humus disminuyen significativamente.

Evaluación de la población de lombrices adultas y juveniles a la cosecha.

La tabla 3 reporta el análisis de varianza para los parámetros lombrices adultas y juveniles. En referencia a lombrices adultas podemos apreciar que existen diferencias significativas entre todos los tratamientos, el mejor en número de lombrices adultas a la cosecha fue el tratamiento de estiércol caprino 100% con 489 individuos, seguido del tratamiento combinado con 323 lombrices y el que mostró el menor número fue el de estiércol porcino al 100% con 280 lombrices adultas, estos últimos sin presentar diferencias estadísticas entre ellos.

**Tabla 3.** Población de lombrices adultas y juveniles a la cosecha por tratamiento.

**Table 3.** Population of adult and juvenile earthworms at harvest by treatment.

Indicador	Tratamientos			ES±	Las letras
	Estiércol porcino 100%	Estiércol caprino 100%	Estiércol porcino 50% y Estiércol caprino 50%		
<b>Lombrices adultas.</b>	280 <sup>b</sup>	489 <sup>a</sup>	323 <sup>b</sup>	128*	
<b>Lombrices juveniles.</b>	354	363	359	16ns	

*diferentes entre filas indican diferencias estadísticas para (p < 0,05) según Prueba de rangos múltiples de Tukey.*

En relación al número de lombrices juveniles los resultados presentan la misma tendencia, pero esta vez no existen diferencias significativas siendo superiores los resultados con respecto al tratamiento dos de estiércol caprino 363 juveniles; seguido del tratamiento combinado con 359 lombrices jóvenes y el tratamiento de estiércol porcino 354 individuos jóvenes. Los resultados son superiores a los reportados por Andrade y Ramírez, (2022); en cuanto a adultas, pero inferiores en cuanto a juveniles; el cual utilizando diferentes estimulantes para la producción obtuvo un promedio de 219 adultas y 909 juveniles.

Esto demuestra que la mezcla alimenticia con Estiércol caprino es la que mejor respuesta con respecto al incremento de la población tanto adulta como juveniles lo cual demuestra ser la fuente adecuada para el alimento de las lombrices rojas como lo indica en su estudio de Ishpilco y Mendoza, (2022); quienes refieren que la calidad del estiércol como sustrato para alimentar lombrices incide en el incremento poblacional de la lombriz debido a que el alimento debe contar con un contenido de celulosa del 20 - al 25 % y no debe mantener más del 45 % de proteína ya que puede resultar peligroso e incluso mortal.

Esto corrobora lo planteado por León (2002), quien refiere que el uso de los estiércoles como sustrato dependerá de la calidad del mismo y del alimento consumido por el animal, lo cual puede incidir en el incremento poblacional de la lombriz debido a que el alimento debe contar con un contenido de celulosa del 20 - 25 % y no debe mantener más del 45 % de proteína ya que puede resultar peligroso e incluso mortal.

#### Evaluación de la biomasa final de lombrices

En la Tabla 4, se puede observar los resultados que proyecta el análisis de varianza referentes a la biomasa obtenida a la cosecha existen diferencias entre los tres tratamientos; el mejor tratamiento sigue siendo el dos con estiércol caprino al 100% con una biomasa de 7.7 kg seguido por el combinado con 5.7 kg de biomasa y por último el tratamiento uno de estiércol porcino con 4.6 kg, este a su vez con el menor número de lombrices a la cosecha. Los resultados son inferiores pero cercanos a los reportados por Mendoza, (2022); quien obtuvo una biomasa de 7.49 kg al alimentar con residuos de cosecha, pero muy superiores a los de Reyes *et al.*, (2022), quien asegura que las lombrices alcanzan pesos de un gramo en estiércol bovino. En cambio, Suquilanda (2016) afirma que con desechos de cocina solo se alcanzan pesos de 0,3 g.

**Tabla 4.** Resultados de la biomasa final, número de cápsulas y tiempo de conversión sustrato-fertilizantes.  
**Table 4.** Results of the final biomass, number of capsules and substrate-fertilizer conversion time.

Indicador	Tratamientos		
	Estiércol porcino 100%	Estiércol caprino 100%	Estiércol porcino 50% y Estiércol caprino 50%
<b>Biomasa final (Kg)</b>	4.6	7.7	5.7
<b>Número de cápsulas.</b>	205	386	277
<b>Tiempo de conversión sustrato fertilizante (Días)</b>	120	90	100

*Las letras diferentes entre filas indican diferencias estadísticas para ( $p < 0,05$ ) según Prueba de rangos múltiples de Tukey.*

En el número de cápsulas a la cosecha el tratamiento de estiércol caprino sigue siendo el más eficaz con 386 cápsulas, seguido por el tratamiento combinado y por último el de estiércol porcino quienes no difieren entre ellos con resultados muy similares de 277 y 205 cápsulas respectivamente. Estos resultados indican que los tratamientos más eficientes tuvieron mayor reproducción en menor tiempo a causa de que tuvieron sustratos más nutritivos y asimilables lo que influye directamente en los resultados productivos y reproductivos. Los resultados son superiores a los de Romero (2004) quien al alimentar con residuos de cocina obtuvo hasta 215 cápsulas e inferiores a los de Guillen (2023) el cual obtuvo 470 cápsulas/m<sup>2</sup>.

La tabla revela las diferencias de tiempo que existieron entre los tratamientos desde la siembra hasta que el sustrato se transforme en humus. El tratamiento más efectivo es el dos seguido del combinado y por último el de estiércol porcino con 90, 100 y 120 días respectivamente. Se evidencia sin lugar a dudas una relación directa entre el tipo de sustrato y el tiempo de conversión de sustrato a humus; así se pueden considerar algunas razones para que el mejor tratamiento de esta investigación fuera el combinado, entre estas las más importantes fueron que este tratamiento guardaba una relación C/N de 30/1 aproximadamente, por lo cual las fibras de lignina fueron más fácilmente degradadas y además su textura era fácil de asimilar para la lombriz; razones suficientes para reducir el tiempo de conversión.

El tiempo de transformación según afirman muchos autores Schuldt y Beláustegui (2015), se ve afectado por varios factores como relación C/N del sustrato, cantidad de fibras, tamaño de partículas. Según afirma Santos, (2021) la transformación de sustrato a fertilizante (humus) se tarda cada de dos a tres meses en promedio con lo cual podemos

discutir el hecho de que el estiércol de cerdo a pesar de estar precompostado tiene una alta acidez y una elevada dosis de proteína y es por ello que es perjudicial para la vida de las lombrices.

Al inicio del experimento se introdujo 10 Kg de materia orgánica como sustrato para cada tratamiento. El porcentaje de conversión de este sustrato a humus se encontró en un rango del 62 al 68 %. El tratamiento que tuvo una mejor conversión fue estiércol caprino y el más ineficiente fue el tratamiento de estiércol porcino 100%.

Existen varias razones por las cuales este tratamiento de estiércol caprino obtuvo un mejor rendimiento en conversión sustrato fertilizante; estas se pueden respaldar en que este tratamiento fue asimilado en menor tiempo existiendo un menor gasto de energía por parte de las lombrices a la vez un mayor aprovechamiento del alimento que redujo el desperdicio al momento del tamizado.

Velasquez, (2019), indica que la lombriz cada día come el equivalente del peso de su cuerpo y el 60% de lo consumido lo expele en forma de humus con lo cual se puede aseverar que en el parámetro de conversión sustrato – humus los tratamientos lograron resultados satisfactorios, aunque alguno en mayor tiempo que otros.

## CONCLUSIONES

El sustrato de mejor comportamiento para el incremento de la población de la *Eisenia foetida* fue el de Estiércol caprino.

El sustrato de estiércol caprino es el más efectivo en cuanto a producción de biomasa, número de cápsula y donde el tiempo de transformación a humus es menor.

## ÉTICA Y CONFLICTO DE INTERESES

Las personas autores del manuscrito en cuestión, declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

## REFERENCIAS

- Andrade, L. P. y Ramírez, M. (2022). Requisitos para la certificación del producto humus de lombriz roja californiana.
- Guillen, M. (2023). Proceso de elaboración de vermicompost a partir de residuos sólidos del molle (*Schinus molle*) generados en el CTA-UMSS Cochabamba.
- Ishpilco, S. y Mendoza, E. E. (2022). Eficacia del lombrifiltro (lombrices rojas californianas) en la degradación de la materia orgánica de las aguas residuales domésticas de huambocancha alta. Cajamarca–2021.
- Jaimes, G. D., Vega, G. y Ortiz, H. E. (2020). Utilización de residuos de la industria papelera para la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), En la generación de vermicompost. Revista MODUM, 2, 130-138.
- Katherine, S. D., Antonio, M. L., y David, M. W. (2020). Aplicación de sustratos orgánicos en la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la producción de alimento animal. Conciencia Digital, 3(3.1), 22-35.
- Leon P. 2002. Estudio de Diferentes Sistemas de Aceleración para la descomposición orgánica y producción de humus de lombriz roja. Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba Ecuador. pp. 45-57.

- Mendoza Varas, S. F. (2022). Concentración de lombrices en el crecimiento poblacional de *Eisenia foetida* "Roja Californiana" en Otuzco, La Libertad. TAGN 490.
- Palacios, A. B., Granados, A., Soto, M. Y. y Flores, E. (2020). Composición mineral de lixiviados (biofertilizante) de lombriz roja californiana. *Tecnociencia Chihuahua*, 14(3), 166-182.
- Poma, K.C., Vera, M.C. y Justo, V.B. (2019). Eficiencia de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista Ciencia y Tecnología-Para el Desarrollo-UJCM*, 4, 13-23.
- Reyes, D.M., Pérez, D.M., López, S.D., Arteaga, Y.R. y Díaz, R. I. (2022). Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Revista ECOVIDA*, 12(3), 257-266.
- Romero, F. (2004) Estudio Productivo de la Lombriz Roja Alimentada con Residuos de Cocina. Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba, Ecuador. pp. 52-56.
- Santos, J. (2021). Evaluación de tres sustratos sobre el desempeño productivo y reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Revista Colombiana de Zootecnia*, 7(12), 18-23.
- Schuldt, M. y de Belaustegui, H.P., 2015. Consideraciones acerca del origen de los materiales destinados al vermicompostaje y su destino como abono. Necesidad de una normativa ad hoc. Actitudes recomendables para Argentina. 6<sup>ta</sup>.J. Nacional de Lombricultura, Gral. Cabrera, Córdoba. Buenos Aires, Argentina. pp.102-107.
- Suquilanda, M. 2016. Agricultura Orgánica. Alternativas Tec. Guatemala, Guatemala. p. 153-167.
- Velasquez, H. C. (2019). Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir del pre compost orgánico, para la mejora de un suelo degradado y su verificación en el cultivo de rabanito (*Raphanus sativus*) en la localidad de la Esperanza–Huánuco 2018.