

Respuesta reproductiva en un corto plazo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) en diferentes sustratos locales

Short-term reproductive response of the Californian red earthworm (*Eisenia fetida*) in different local substrates

Yonatan Solano González¹, Juan Carlos Caballero Salinas^{1*}, Hugo A. Pizaña Vidal²

¹Centro Académico Regional Chiapas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Cintalapa, Chiapas, México. <https://orcid.org/0009-0008-0374-3295>, <https://orcid.org/0000-0002-3290-2274>. ²Facultad de Contabilidad y Administración, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. <https://orcid.org/0000-0002-9850-1596>

*Autor de correspondencia:

jccs.uaa@gmail.com

Recibido:

12/02/2024

Aceptado:

22/06/2024

Publicado:

24/06/2024

Resumen

La lombriz *Eisenia fetida* se utiliza para producir abonos orgánicos a partir de diversos materiales orgánicos. El objetivo de la investigación fue evaluar la capacidad reproductiva de lombrices en un corto plazo en tres diferentes sustratos obtenidos en el municipio de Cintalapa, Chiapas. Se utilizaron como sustratos estiércoles de ovino (T1), bovino (T2), pollo (T3) y una mezcla de 50 % bovino y 50 % ovino (T4). Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Primeramente, se realizó el precomposteo con el propósito de estabilizar los parámetros de pH, temperatura y humedad, durante un periodo de 28 días. Se inocularon 50 lombrices en cada unidad experimental y se monitoreo, por 10 semanas, la capacidad reproductiva de las lombrices, el pH y la temperatura de los sustratos. Los resultados arrojaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para las variables número de lombrices en cada muestreo y el pH. La mayor respuesta reproductiva de las lombrices se presentó en el sustrato de bovino. En el tratamiento de pollinaza no hubo super-

Abstract

The earthworm *Eisenia fetida* produces organic fertilizers from different organic materials. The objective of the research was to evaluate the reproductive capacity of worms in the short term in three different substrates obtained in the municipality of Cintalapa, Chiapas. Sheep (T1), cattle (T2), chicken (T3) and a mixture of 50 % cattle and 50 % sheep (T4) were used as substrates. A completely randomized design was used, with four treatments and three repetitions. First, a pre-composting was carried out to stabilize the pH, temperature and humidity parameters for a period of 28 days. 50 worms were inoculated in each experimental unit and the reproductive capacity of the worms, pH and temperature of the substrates were monitored for 10 weeks. The results showed significant statistical differences ($P < 0.05$) for the variables number of worms in each sampling and pH. The greatest reproductive response of the worms occurred in the bovine substrate. In the chicken manure treatment, the worms did not survive. Therefore, it is concluded that cattle manure is the most suitable to produce

vivencia de las lombrices. Por lo tanto, se concluye que el estiércol de bovino es el más apropiado para la producción de humus en la región de Cintalapa, debido a que posee las características adecuadas para el desarrollo de la lombriz roja californiana.

humus in the Cintalapa region, because it has the appropriate characteristics for developing the californian red worm.

Palabras clave:

Estiércol de bovino, lombricompost, reproducción, residuos orgánicos.

Key words:

Bovine manure, organic waste, reproduction, vermicompost.

INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una práctica que representa una alternativa para el reciclaje y procesamiento de residuos procedentes de cultivos agrícolas, la actividad ganadera y avícola. También, se ha experimentado como base de sustrato para la crianza de lombrices la pulpa de café, el cartón, desechos de cocina y lodos residuales (Gabriel *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2021). Por medio de esta técnica se valoriza los residuos orgánicos y se reduce el volumen de materiales que, con frecuencia, son una fuente de contaminación ambiental (López-Méndez *et al.*, 2013). Esta tecnología utiliza a la lombriz doméstica conocida como roja californiana (*E. fetida*), la principal especie cultivada en el mundo, dado a su rusticidad, tolerancia a factores ambientales, capacidad reproductora y aceptación de diversos sustratos orgánicos como alimento (Guadarrama y Taboada, 2004).

Estos anélidos durante el proceso de alimentación fragmentan los residuos e incrementan la actividad microbiana, los índices de descomposición y mineralización. De este modo se alteran las propiedades físicas y químicas de los sustratos y origina un efecto de compostaje o humificación de la materia orgánica (Haiba *et al.*, 2014). De este proceso se obtiene el abono orgánico denominado humus o vermicompost que se promueve como una alternativa frente a los fertilizantes sintéticos (Caballero *et al.*, 2023). Algunos de sus beneficios en el suelo son el aumento de la biodiversidad microbiana, la mejora de la fertilidad y propiedades fisicoquímicas (Raza *et al.*, 2022). Además, se ha evidenciado que favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Kalita *et al.*, 2017).

La tasa reproductiva de las lombrices se ve influenciada por factores ambientales y fisicoquímicos como pH, humedad y temperatura. Además, la calidad de los sustratos y su composición química interfieren en las tasas de reproducción y mortalidad de las lombrices (Rincones *et al.*, 2023). El pre-composteo de los sustratos es una fase necesaria debido a que durante este proceso se activa la microbiota y con las variaciones de temperatura se hace posible la degradación de los residuos, la reducción de patógenos y eliminación de sustancias volátiles (Hanc y Pliva, 2013).

El crecimiento, comportamiento y desarrollo de las lombrices está directamente relacionado con el tipo de sustrato y las condiciones ambientales (Romero *et al.*, 2018; Rolando *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2021). Entre los residuos más comunes

que se utilizan como sustratos destacan los estiércoles de bovino, ovino, pollo, caballo, cerdo y restos de cosecha. Debido a esta diversidad de materia orgánica que puede emplearse como fuente de alimento existe variación en las propiedades del humus y la velocidad de reproducción de la lombriz (López-Méndez *et al.*, 2013). Por otra parte, se ha demostrado que para la sobrevivencia de la lombriz roja californiana se necesita una temperatura entre un rango de 15 a 25 °C, humedad de 80 a 90 %, contenido de sal menor a 0.5 % y pH en entre 5 y 9 (Singh *et al.*, 2018).

En los últimos años, se han realizado investigaciones, centradas en evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre la adaptación y reproducción de las lombrices. Al respecto Morales *et al.*, (2009) evaluaron los estiércoles de caballo, cerdo, vaca y gallinaza mezclados con paja de trigo durante 60 días, concluyeron que el número de lombrices fue significativamente mayor en el sustrato de caballo. Por su parte, Santos *et al.*, (2021), evaluaron tres sustratos (ovinaza, bovinaza y desechos de cocina) para estudiar el desempeño productivo de la lombriz, los resultados mostraron que, en el tratamiento de bovinaza, se presentó la mayor cantidad de lombriz tanto adulta como juvenil. Rincones *et al.*, (2023) utilizaron tres mezclas con sustitución gradual (0, 20 y 40 %) de pollinaza por bovinaza, a los 97 días el mayor porcentaje de reproducción de lombrices se obtuvo en el tratamiento con 100 % de bovinaza. López-Méndez *et al.*, (2013) estudiaron tres mezclas como sustratos, rastrojo de frijol + estiércol de bovino (T1), aserrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche (T2) y aserrín + estiércol de bovino (T3) durante 60 días, el tratamiento 2 presentó las mejores características para la adaptación y reproducción de la lombriz roja californiana. Por otro lado, Romero *et al.*, (2018), evaluaron las deyecciones de bovino y ovino, y las cascacas de cacahuete como sustratos para la producción de lombriz californiana considerando el criterio de edad: jóvenes y adultas. Llegaron a la conclusión que la combinación de deyecciones de bovino mezclado con cáscara de cacahuete fue el mejor sustrato para la producción de lombriz.

El presente artículo busca abonar en esta línea de investigación, particularmente para el caso del municipio Cintalapa, Chiapas, donde, por su vocación ganadera existe relativa facilidad para acceder a sustratos de origen animal (bovino, ovino y pollinaza) para su uso en la lombricultura. El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad reproductiva a corto plazo (10 semanas) de la lombriz roja californiana, a partir de tres diferentes sustratos locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

La investigación se llevó a cabo en el Centro Académico Regional Chiapas (CAR-Chiapas) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el municipio de Cintalapa. Se sitúa en el extremo oeste del estado de Chiapas, sus coordenadas geográficas son 16° 39' N y 93° 44' W y su altitud es de 540 msnm. El clima que predomina es semicálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 24.5 °C.

Material genético y variables estudiadas

La lombriz roja californiana utilizada en el estudio, fue adquirida del módulo de lombricultura del Huerto Agroecológico Universitario del CAR-Chiapas. Las variables estudiadas fueron el número de

lombrices obtenidas en cada muestreo semanal, pH, temperatura de los sustratos y número de lombrices en el conteo final en los diferentes sustratos utilizados, después de 10 semanas.

Diseño experimental y tratamientos

El experimento se desarrolló bajo un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron: estiércol de ovino (T1), estiércol de bovino (T2), pollinaza (T3) y mezcla de los estiércoles de bovino y ovino T4 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados de los diferentes sustratos

Tratamientos	Descripción de los tratamientos
T1	Estiércol de ovino (EO)
T2	Estiércol de bovino (EB)
T3	Pollinaza (P)
T4	Mezcla al 50 % de estiércol de ovino y bovino (MEOEB)

La información obtenida se analizó con estadística descriptiva, representada en cuadros de salida y gráficas. Además, las variables número de lombrices del muestreo semanal, pH y temperatura se sometieron al análisis de varianza y prueba de Tukey ($p < 0.05$) para identificar diferencias entre los tratamientos por medio del paquete estadístico SAS Studio®.

Recolección y pre-composteo de los sustratos

Los materiales utilizados como sustratos fueron adquiridos durante el mes de abril de 2023. El estiércol de bovino fue recolectado de un corral de manejo de la Ranchería Tuxtla ubicada en la periferia del municipio de Cintalapa. El estiércol de ovino se recogió de un corral de manejo intensivo en la cabecera municipal; este sustrato contenía una mezcla con aserrín. Ambos estiércoles se encontraban secos y por lo menos dos meses de almacenado. Finalmente, la pollinaza (seca y triturada) se adquirió de la empresa AVIMARCA, granja que se dedica a la engorda de pollos en la región.

Los materiales fueron cribados en malla con orificios de 5 mm y se sometieron a un proceso de pre-composteo durante un periodo de 28 días. Cada semana se realizó un volteo de forma manual con el propósito de otorgar aireación a los residuos orgánicos. También, se aplicaron cuatro riegos por semana para mantener una humedad de alrededor del 80 %. Una vez por semana se registraron datos de pH y temperatura. El pre-composteo se terminó una vez que se observó la maduración de los sustratos, así como una temperatura de alrededor de 29 °C para el estiércol de ovino, 28 °C para bovino y 32 °C para pollinaza. Además, de un pH en 6 para el material de bovino, 6.4 para ovino y 6.8 para pollinaza. Estos rangos de temperatura y pH en el pre-composteo fluctuaron entre los recomendados en diferentes manuales e investigaciones (Somarriba y Guzmán 2004; Inifap 2021; Rincones et al., 2022).

Construcción del techo y los cajones

El techo donde se estableció el experimento fue construido a partir de una malla sombra y lona plástica a una altura aproximada de dos metros, para proteger a las lombrices de la lluvia y rayos del sol. En el piso donde se instalaron las cajas de madera se dejó una inclinación para facilitar la salida de lixiviado. Se instalaron doce cajones de madera con dimensiones de 80 cm de largo, 40 cm de ancho y 20 cm altura, los cuales fueron forrados con plástico negro (Figura 1).

Siembra de lombrices

En cada caja de madera se inoculaban 50 lombrices adultas con clitelo. Una vez transcurrido 24 horas se verificó la sobrevivencia de las lombrices; se descartó el T3 durante el resto de la investigación debido a que las lombrices introducidas en ese sustrato murieron. Es probable que la muerte de las lombrices haya ocurrido debido a la presencia, en el sustrato (pollinaza), de residuos tóxicos derivados de la alimentación suministrada a los pollos (Kacprzak *et al.*, 2023). Además, la lombriz es altamente sensible a la alta carga nitrítica ocasionada por liberación de amoníaco (Velasco-Velasco *et al.*, 2016). El riego se realizó de dos a tres veces por semana para mantener la humedad entre los 75 a 85 %.



Figura 1. Colocación de los sustratos y inoculación de lombrices

Muestreo de lombrices, pH y temperatura

De cada unidad experimental se registraron datos de pH, temperatura y cantidad de lombrices cada semana. La temperatura y pH se registró con la utilización de un pH-metro colocado tres minutos en cada cajón. La reproducción de las lombrices se cuantificó por medio de muestreos de cada unidad experimental. Para ello se utilizó un tubo de PVC de una pulgada de diámetro y 20 cm de largo, el cual se introdujo en cinco puntos al azar siguiendo un patrón de zigzag (Romero *et al.*, 2018). Después, el contenido de sustrato se vació y contabilizó el número de lombrices por cada muestra. Al finalizar las 10 semanas se realizó un conteo general de las lombrices (jóvenes y adultas) de cada una de las unidades experimentales de cada tratamiento para determinar la cantidad de individuos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha documentado que los parámetros de humedad, temperatura, pH, luz y aireación juegan un papel fundamental en el crecimiento de la lombriz (Raza *et al.*, 2022). Este apartado se presentan los valores observados en la reproducción lombrices, pH y temperatura durante las 10 semanas de evaluación.

En lo que respecta a la reproducción de lombrices, en la figura 2 se aprecia que el T2 (EB) mostró el mayor valor promedio de la variable número de lombrices. En todos los sustratos se observó un incremento importante de lombrices a partir de la cuarta semana. El valor máximo se presentó en el sustrato elaborado a partir de EB con 48 lombrices en la semana 10. Es evidente que la reproducción de las lombrices está en función de aspectos químicos, físicos y biológicos de los estiércoles, y estos varían de acuerdo con el patrón alimenticio del ganado (Schuldt *et al.*, 2005). Por tanto, es probable que la dieta de los bovinos generó deyecciones de mayor calidad nutricional que contribuyó a la reproducción de las lombrices (Romero *et al.*, 2018).

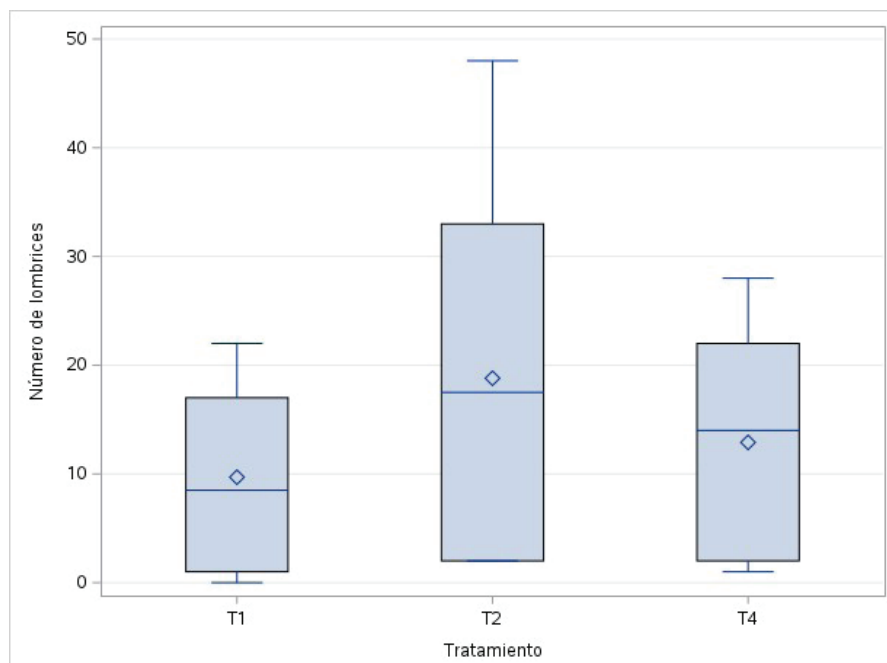


Figura 2. Reproducción de lombrices de los sustratos evaluados durante 10 semanas.

Como se indicó anteriormente, las lombrices no sobrevivieron en el T3, este hecho puede explicarse a que la pollinaza contenía concentraciones de gases tóxicos (CO_2 , CH_4 y N_2O) (Kacprzak *et al.*, 2023). Por lo tanto, es necesario realizar una medición de estos factores en los sustratos antes de introducir las lombrices (Romero *et al.*, 2018).

La temperatura de todos los tratamientos evaluados arrojó valores promedios de 25 °C, como se muestra en el cuadro 2. Al respecto Singh *et al.*, (2018) han comprobado que con temperaturas que oscilan entre los 24 y 30 °C, se obtiene un mayor índice de crecimiento y reproducción de lombrices. Por lo contrario, cuando en los sustratos la temperatura supera los 30 °C, el tiempo de madurez sexual de las lombrices disminuye. La temperatura máxima alcanzada en las unidades experimentales fue de 29 °C. De igual manera, se observó un pH ideal para el crecimiento de las lombrices, el cual mostró un rango en promedio entre 5 y 7.20 (Román *et al.*, 2013). En este sentido la etapa reproductiva y de crecimiento de la población de lombrices depende de parámetros fisicoquímicos de los sustratos (Singh *et al.*, 2018).

Cuadro 2. Temperatura y pH de los diferentes sustratos evaluados durante 10 semanas

Tratamiento	Variable	Media	Desv. est	Mínimo	Máximo	Error Std	Varianza	Coef. var
T1	Temperatura pH	25.73 6.46	1.76 0.76	24 5	29 7	0.32 0.14	3.09 0.59	6.84 11.89
T2	Temperatura pH	25.33 6.80	1.68 0.33	23 6	29 7	0.30 0.061	2.85 0.11	6.66 4.96
T4	Temperatura pH	25.50 6.80	1.59 0.23	24 6.40	29 7.20	0.29 0.042	2.53 0.05	6.24 3.43

Desv. est: desviación estándar; Error Std: error estándar; Coef. var: coeficiente de variación.

Después de someter las variables al análisis de varianza, se observó diferencias significativas en dos variables: número de lombrices encontradas en cada muestreo y el pH (Cuadro 3). Con respecto al coeficiente de variación se encontraron valores entre 6.5 y 85.0 %; los mayores valores del coeficiente de variación se presentaron en la variable número de lombrices. Lo anterior se debe a la variabilidad que se presentó en los muestreos desde la semana uno hasta la 10. Las diferencias estadísticas para la variable número de lombrices, demuestran que el tipo de sustrato es un factor importante que determina su reproducción.

Cuadro 3. Cuadrados medios, error, media y coeficiente de variación de las variables evaluadas en los diferentes sustratos

Variables	Cuadrado de la media	Error	Media	Coeficiente de variación %
Número de lombrices	478.20*	151.43	14.47	85.00
Temperatura	1.21 ns	246.03	25.52	6.58
pH	1.15*	0.25	6.69	7.52

* Significancia al 5 %; ns: no significativo

En el cuadro 4 se muestran los promedios de las variables evaluadas en el experimento. El T2 arrojó el valor promedio más alto (18.8 por muestreo), el cual fue estadísticamente igual que el T4 (MEO-EB). El valor más bajo (10.8) se presentó en T1 (EO); aunque fue estadísticamente igual que T4.

Cuadro 4. Comparación de los valores promedio de los tratamientos evaluados para la variable número de lombrices y pH

Tratamiento	Número de lombrices	pH
T1	10.8 ^b	6.4 ^b
T2	18.8 ^a	6.8 ^a
T4	13.3 ^{ab}	6.8 ^a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

El pH es un factor determinante para la producción y reproducción de la lombriz roja californiana (Santos et al., 2021). El valor promedio más alto del pH lo arrojaron los tratamientos T2 y T4, ambos casi neutros (6.8). Mientras que el T1 presentó un pH medio mucho más ácido, de 6.4 (Cuadro 4). Los resultados de los valores del pH son similares a los reportados en el trabajo de Tocalino *et al.*, (2004), en el que se señala que inocularon lombrices en diferentes sustratos basado en estiércoles. Por lo contrario, difiere de los datos obtenidos por Morales *et al.*, (2009), donde el sustrato de bovino alcanzó mayor alcalinidad (8.74).

En la variable temperatura no se presentó diferencia estadística, coincide con las variables descriptivas (Cuadro 2). En los tres tratamientos se mantuvo una temperatura promedio de 25 °C (Figura 3), lo cual es muy importante para una mayor facilidad y velocidad de reproducción de los organismos (Moreno-Reséndez y Cano-Ríos, 2002). Los valores observados en esta investigación coinciden con los reportados por Santos *et al.*, (2021), quienes evaluaron tratamientos de ovina (22.08) y bovina (22.08).

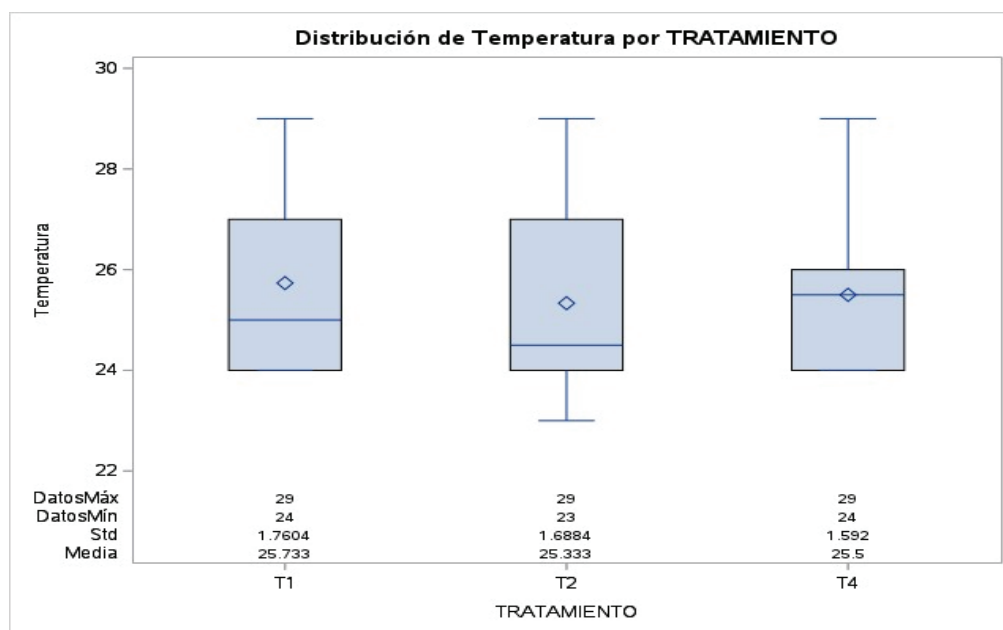


Figura 3. Temperatura en los diferentes sustratos evaluados durante 10 semanas

Al término de las 10 semanas, se realizó el conteo final de lombrices jóvenes y adultas de cada tratamiento y unidad experimental. En el cuadro 5 se observa una diferencia numérica de la reproducción de lombrices entre los sustratos. El sustrato de bovino fue el sustrato en el que se encontró mayor número de ejemplares 1,863 en promedio. El valor promedio más bajo se presentó en el estiércol de ovino con 1,258 lombrices. Otros estudios confirman que el estiércol bovino contiene excelentes características que benefician la reproducción de lombrices, posterior a su pre-compostaje (Raza *et al.*, 2022). Por su parte, Santos *et al.*, (2021) encontraron que el tratamiento de bovinaza presentó la mayor cantidad de lombriz roja californiana. De igual manera, en el estudio realizado por Romero *et al.*, (2018), concluyeron que los tratamientos de sustratos de deyecciones de bovino mostraron mayor población de lombrices adultas.

Cuadro 5. Conteo final de lombrices presentes en los sustratos evaluados durante 10 semanas

Tratamiento	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3		Promedio
	Juveniles	Adultas	Juveniles	Adultas	Juveniles	Adultas	
T1	1310	30	1194	72	1134	36	1258
T2	1980	35	1910	80	1560	25	1863
T4	1944	21	1450	70	1434	30	1649

La mezcla de sustrato MEOEB fue el segundo tratamiento donde se observaron el mayor número de lombrices. Autores como Pérez-Godínez *et al.*, (2017) indican que los sustratos a base de estiércol de la misma especie permiten mejor crecimiento de los organismos en comparaciones con mezcla de estiércoles.

CONCLUSIONES

La reproducción en el corto plazo (10 semanas) de la lombriz roja californiana se ve influenciada por diversos factores, entre ellos, el tipo de sustrato. Además, deben de existir las condiciones adecuadas de humedad, pH y temperatura para su reproducción. En la región de Cintalapa, Chiapas se recomienda el uso de estiércol bovino como sustrato para la reproducción de lombrices, ya que en esta investigación presentó los mejores resultados. En caso de no contar con suficiente estiércol bovino se podrá realizar una mezcla con estiércol de ovino, ya que fueron estadísticamente iguales en el número de lombrices encontradas en los muestreos semanales.

Por otra parte, se recomienda conocer la dieta con la que se alimentan los animales, debido a que los estiércoles que se utilizan como cama de sustratos pueden contener elevadas concentraciones de gases tóxicos, perjudiciales para sobrevivencia y reproducción de las lombrices.

LITERATURA CITADA

- Caballero, J. C., Pizaña, H. A., González, A. A., Núñez, E., Aguilar, F. y E. Ovando. (2023). Composición morfológica y rendimientos de maíces nativos sin uso de agroquímicos en Chiapas, México. *Siembra*, 10(2), e3997. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.3997>
- Gabriel, P., Loza-Murguía, M., Mamani, F. y S. Humberto. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(2), 24-39.
- Guadarrama R. O. y S.M. Taboada. (2004). La lombricultura, una propuesta al medio rural. Memoria del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. Guadalajara, Jalisco, México.
- Haiba, E., Ivask, M., Olle, L., Peda, J., Kuu, A., Kutti, S. y L. Nei. (2014). Transformation of nutrients and organic matter in vermicomposting of sewage sludge and kitchen wastes. *Journal of Agricultural Science*, 6(2), 114-118.
- Hanc, A. y P. Pliva, P. (2013). Vermicomposting technology as a tool for nutrient recovery from kitchen bio-waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 15(4), 431-439.
- Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [Inifap]. (2021). Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. 14. Humus de lombriz. Estrategia de Acompañamiento Técnico. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737318/14_Humus_de_lombriz.pdf
- Kacprzak, M., Malińska, K., Grosser, A., Sobik-Szołtysek, J., Wystalska, K., Drózd, D., Jasinska, A. y E. Meers. (2023). Cycles of carbon, nitrogen and phosphorus in poultry manure management technologies—environmental aspects. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 53(8), 914-938. <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2096983>
- Kalita, R. R., Duta, M. y S. Bora (2017). Knowledge, attitude and practices of farmers towards vermiculture technology. *International Journal of Multidisciplinary Education and Research*, 2 (5), 21-23.
- López-Méndez, C., Ruelas-Ayala, R.D., Sañudo-Torres, R.R., Armenta-López, C. y J. A. Félix-Herrán. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *TECNOCIENCIA CHIHUAHUA*, 7(2), 81-87. <https://doi.org/10.54167/tch.v7i2.662>
- Morales, J., Fernández-Ramírez, M., Montiel-Cota A. y B. Peralta-Beltrán. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia*, 11(1), 19-26. <https://doi.org/10.18633/bt.v11i1.49>
- Moreno-Reséndez, A. y P. Cano-Ríos. (2002). Tasa reproductiva de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en diferentes sustratos orgánicos. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 3(1), 41-56.
- Pérez-Godínez, E., Lagunes-Zarate, J., Corona-Hernández, J., M. Barajas-Aceves. (2017). Growth and reproductive potential of *Eisenia foetida* (Sav) on various zoo animal dungs after two methods of pre-composting followed by vermicomposting. *Waste Management*, 64, 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.036>
- Raza, S., Wu, J., Eldon, R., Zulfigar, A. y Z. Chen. (2022). Reuse of agricultural wastes, manure, and biochar as an organic amendment: A review on its implications for vermicomposting technology. *Journal of Cleaner Production*, 360, 132200. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132200>

- Rincones, P., Zapata, J., Figueroa, O. y C. Parra. (2023). Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). *Información Tecnológica*, 32(2), 11-20. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642023000200011>
- Rolando, A., Guerrero, M. y L. Daza. (2019). Evaluación de vermicompost con diferentes sustratos en la producción de biomasa con la lombriz roja californiana. *Revista Gipama*, 1(1), 28–35.
- Román, P., Martínez, M. y A. Pantoja. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencia en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago, Chile. Disponible en <https://www.fao.org/3/i3388s/l3388S.pdf>
- Romero, C. O., Ocampo, J., Sandoval, E., y J. Tobar. (2018). Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). *Revista Centro Agrícola*, 45(4), 68-74.
- Santos, J.M., Ayala, H., Franco, F. y M. Castro-Mojica. (2021). Evaluación de tres sustratos sobre el desempeño productivo y reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Revista Colombiana de Zootecnia*, 7(21), 18-23.
- Schuldt, M., Rumi, A., D. Gutiérrez. (2014). Estimación de la capacidad de porte en lombricultivos de *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) con distintas materias orgánicas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 25, 101-109.
- Singh, J., Singh, S., Pal Vig, A. y A. Kaur. (2018). Environmental influence of soil toward effective vermicomposting. Earthworms - The Ecological Engineers of Soil. InTech. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75127>.
- Somarriva R. y F. Guzmán. (2004). Guía de lombricultura. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>
- Tocalino, P.A., Agüero, M.C., Serebrinsky, C.A. y J.P. Roux. (2004). Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Revista Veterinaria*, 15(2), 65–69.
- Velasco-Velasco, J., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J.J. y R. Parkinson. (2016). Emisión de amoníaco durante los procesos de compostaje y vermicompostaje: aspectos prácticos y aplicados. *Agro Productividad*, 9(8), 45-51.