

Biotempo (Lima)



<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>



REVIEW ARTICLE / ARTÍCULO DE REVISIÓN

EFFECT OF THE APPLICATION OF VERMICOMPOST ON THE AGRONOMIC BEHAVIOR OF DIFFERENT CROPS

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOST EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DIVERSOS CULTIVOS

Máximo Andy Mantuano-Morales¹ & Freddy Zambrano-Gavilanes^{*2}

¹ Facultad de Posgrado, Maestría en Agronomía Mención Agricultura Sostenible, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

² Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador. E-mail: freddyzg_86@hotmail.com

* Corresponding Author: freddyzg_86@hotmail.com

Máximo Andy Mantuano-Morales:  <https://orcid.org/0000-0002-8341-713X>

Freddy Zambrano-Gavilanes:  <https://orcid.org/0000-0003-0004-9122>

ABSTRACT

Vermiculture is a very important activity, which allows the recycling of the waste generated from agricultural, agro-industry, and municipal activities, through worms that have influenced agricultural soils for thousands of years, improving fertility conditions in various soils. due to its easy handling. The use of worms allows the transformation of organic waste quickly to produce fertilizer rich in microorganisms called vermicompost (VC), with a contribution of assimilable nutrients for crops. Ecologically, it constitutes a fundamental element for organic production, providing an efficient and profitable fertilizer for agricultural use in low doses, especially for small producers. Thus, the present literature review aims to demonstrate the effect of the application of vermicompost on the agronomic behavior of various crops. Searches of bibliographic information of various manuscripts from 2001 to the present were carried out, totaling 46 documents, which have been searched on the Scopus, Web of Science, Scielo, Redalyc, Latindex 2.0, and Google Scholar platforms. The keywords used for the search were: "Worm farming", "Californian worm and taxonomic classification", "Habitat and reproduction of the worm", "Digestive system and feeding of the worm", "Worm humus and soil" and "Humus of earthworms and agronomic behavior of crops". Solid or liquid earthworm humus applied in different ways has positive effects on the soil and plants, allowing good development and generating high productivity of various crops such as the 11 analyzed in this literature review.

Keywords: Organic fertilizer – soil structure – earthworm humus



RESUMEN

La lombricultura es una actividad muy importante, que permite reciclar los desechos que se generan de las actividades agrícolas, agroindustria y municipales, por medio de las lombrices que influyen en los suelos agrícolas desde hace miles de años, mejorando las condiciones de fertilidad en diversos suelos, debido a su fácil manejo. El uso de las lombrices permite la transformación de los desechos orgánicos de manera rápida para producir abono rico en microorganismos llamado vermicompost (VC), con aporte de nutrientes asimilables para los cultivos. Ecológicamente constituye un elemento fundamental para la producción orgánica, brindando un abono eficiente y rentable para el uso agrícola en bajas dosis, sobre todo para pequeños productores. Así, la presente revisión de literatura pretende demostrar el efecto de la aplicación de vermicompost en el comportamiento agronómico de diversos cultivos. Se realizaron búsquedas de información bibliográfica de diversos manuscritos desde 2001 hasta la actualidad, totalizando 46 documentos, mismos que han sido buscados en las plataformas Scopus, Web of Science, Scielo, Redalyc, Latindex 2.0 y Google Académico. Las palabras claves utilizadas para la búsqueda fueron: "Lombricultura", "Lombriz californiana y clasificación taxonómica", "Hábitat y reproducción de la lombriz", "Sistema digestivo y alimentación de la lombriz", "Humus de lombriz y suelo" y "Humus de lombriz y comportamiento agronómico de cultivos". El humus de lombriz de forma sólida o líquida aplicada de diferentes formas tiene efectos positivos en el suelo y en las plantas, permitiendo un buen desarrollo y generando una alta productividad de diversos cultivos como los 11 analizados esta revisión de literatura.

Palabras clave: Abono orgánico – estructura del suelo – humus de lombriz

INTRODUCCIÓN

La población mundial se encuentra en constante crecimiento, siendo necesario preservar la vida y abastecer de alimentos, sobre todo en los países en vía de desarrollo, teniendo en cuenta que los suelos cultivables van disminuyendo de forma acelerada en cada década el 6,8% (FAO, 2013).

El suelo es esencial para el sistema alimentario y se estima que el 95% de los alimentos se producen en él; pero la biodiversidad se encuentra vulnerable debido a las prácticas agrícolas como la labranza y uso inadecuado de los agroquímicos, efectos del cambio climático y la contaminación del suelo que perjudican la salud y la biodiversidad de este, por ello hay que enfocarse en la preservación de los suelos antes de que se vuelvan insostenibles e irreparables (FAO, 2020).

El equilibrio del suelo es inestable y existe la manera de mejorar a través de prácticas que eviten empobrecer este recurso en donde alberga innumerables organismos importantes, que aumenten la macro y microfauna, sin alterar el equilibrio microbiológico, evitando la salinización y degradación (Salinas-Vásquez *et al.*, 2014).

Los cultivos demandan elevadas dosificaciones de fertilizantes minerales y aplicación de insecticidas que

son parte importante para aumentar los rendimientos y obtener un desarrollo óptimo de las plantas (Ramos & Alfonso, 2014). Por otro lado, el uso indiscriminado de los insumos agroquímicos contamina el suelo, aguas superficiales y subterráneas, reduciendo la biodiversidad y aumentando el riesgo de la salinización (Luna *et al.*, 2015).

En la actualidad los sistemas de producción agrícola demandan cambios que suplan las exigencias de una tecnología limpia para los consumidores, obligando a los productores ser más competitivos en los mercados nacionales e internacionales (Sarmiento *et al.*, 2019).

La lombricultura es una técnica orgánica, en la que por medio del manejo de procesos naturales en el suelo permite favorecer su dinámica y como consecuencia, obtener un impacto positivo en el ámbito agrícola (Hatti *et al.*, 2010), social y económico (Gheisari *et al.*, 2010). Además, es una alternativa en el ámbito agropecuario que se rige bajo normas similares en la producción de cualquier animal doméstico y demanda conocimientos de biología de anélidos y la tecnología de crianza, alimentación y reproducción (Paco *et al.*, 2011; Kaladhar & Srinivasan, 2022).

El uso de las lombrices permite la transformación de los desechos orgánicos de manera rápida para producir abono rico en microorganismos llamado vermicompost (VC), con aporte de nutrientes asimilables para los

cultivos; además es posible aprovechar su carne gracias a su alto contenido de vitamina, proteína y aminoácidos (Colonese *et al.*, 2017).

Uno de los valores más importantes del VC es la promoción del crecimiento de las plantas basado en su enriquecimiento con todos los nutrientes esenciales, microbios beneficiosos y hormonas de crecimiento de las plantas, ejerciendo su papel en la mitigación del estrés abiótico, como la salinidad del suelo y la sequía, así como el estrés biótico, como las enfermedades y el ataque de plagas de insectos (Rehman *et al.*, 2023).

La lombricomposta o VC puede ser un buen sustituto de los fertilizantes y pesticidas químicos y su uso podría contribuir a producir alimentos saludables y libres de contaminantes para la creciente población sin afectar negativamente al medio ambiente. Así, la presente revisión de literatura pretende demostrar el efecto de la aplicación de vermicompost en el comportamiento agronómico de diversos cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para efectuar la revisión de literatura se realizaron búsquedas de información bibliográfica de diversos manuscritos desde 2001 hasta la actualidad, totalizando 46 documentos entre ellos artículos científicos, libros, capítulos de libro, entre otros, escritos en diferentes idiomas (español, inglés y portugués), mismos que han sido buscados en las plataformas Scopus, Web of Science, Scielo, Redalyc, Latindex 2.0 y Google Académico. Las palabras claves utilizadas para la búsqueda fueron: "Lombricultura", "Lombriz californiana y clasificación taxonómica", "Hábitat y reproducción de la lombriz", "Sistema digestivo y alimentación de la lombriz", "Humus de lombriz y suelo" y "Humus de lombriz y comportamiento agronómico de cultivos".

Se utilizó el programa Mendeley como gestor bibliográfico, que es una herramienta versátil para organizar, gestionar y procesar la información bibliográfica de manera eficiente en una revisión de literatura.

Aspectos éticos: Los autores señalan que se cumplieron todos los aspectos éticos a nivel nacional e internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La lombricultura

La lombricultura es el cultivo de gusanos anélidos como lombrices de tierra o gusanos de sangre que se utilizan como cebo o en compostaje, ya el VC es el proceso de producción de VC que contiene varios nutrientes solubles en agua, un excelente fertilizante orgánico rico en nutrientes naturales y un acondicionador del suelo (Kaladhar & Srinivasan, 2022), tiene por objetivo maximizar el cultivo de lombrices sin buscar una bioestabilización óptima de los residuos que sirven para la alimentación de estas (Villegas-Cornelio & Laines-Canepa 2017).

La lombricultura se caracteriza por combinar las cualidades y virtudes que la hace factible por medio de las lombrices, ya que influyen en los suelos agrícolas desde hace miles de años en las civilizaciones griegas y egipcias que valoraban el trabajo que realizaban en fertilizar la tierra considerándolos animales sagrados; Aristóteles los llamó "intestinos de la tierra", pero fue Charles Darwin en el siglo XIX, quién explica que la función de las lombrices es la de descomponer los materiales vegetales muertos en el suelo (Rajiv *et al.*, 2010; Pathma & Sakthivel, 2012).

En los últimos años la lombricultura ha ganado popularidad debido a demandas ecológicas como la gestión de residuos, la purificación del suelo y la agricultura sostenible. Las lombrices sirven como estimuladores biológicos, degradadores químicos, aireadores y trituradores del suelo, entre otras cosas. Descargan una variedad de enzimas, incluidas proteasas, lipasas, quitinasas, celulasas y amilasas, que transforman bioquímicamente en forma rápida los componentes proteicos y de celulosa contenidos en los desechos orgánicos (Manikanta *et al.*, 2023).

La lombriz californiana

La raza de lombriz roja californiana (Figura 1) es el resultado del trabajo de cría entre una lombriz de estiércol (*Eisenia fetida*) (Savigny, 1826) y una lombriz de marca (*Eisenia andrei*) (Bouché, 1972) de la familia de las lombrices de tierra (Lumbricidae) del suborden de las lombrices de tierra (Lumbricina) (Kolesnyk *et al.*, 2018).



Figura 1. Lombriz roja californiana (Lombrices Californianas Chile, 2023).

La clasificación taxonómica de la lombriz californiana, según Díaz (2002) es:

Reino: animal

División: anélidos

Clase: Clitelados

Orden: Oligoquetos

Familia: Lombrícidos

Género: *Eisenia*

Especie: *fetida*

Hábitat y reproducción de la lombriz

Es importante estudiar la diversidad de lombrices de tierra porque los diferentes grupos ecológicos de lombrices juegan un papel importante en los procesos del suelo y los servicios de los ecosistemas, se han identificado alrededor de 4400 especies de lombrices de tierra en todo el mundo (Kumar *et al.*, 2021).

Las lombrices de tierra usan su hidroesqueleto flexible para excavar y expandir los bioporos. Por lo tanto, su actividad está restringida por las condiciones hidromecánicas del suelo que permiten la deformación a la presión hidroesquelética máxima de la lombriz de tierra ($\approx 200\text{kPa}$). Aquí se desarrolla un modelo biofísico mecanicista para vincular los límites biomecánicos de la excavación de lombrices de tierra con la humedad y la textura del suelo para predecir las condiciones del suelo que permiten la bioturbación en los biomas (Ruiz *et al.*, 2021).

Existen dos factores primordiales para que las lombrices se desarrollen en condiciones físicas adecuadas como la temperatura y la humedad, si estas condiciones se

desequilibran, las lombrices entrarían en un estado de diapausa donde se enroscan hasta que tengan las condiciones para continuar con su normal proceso (Schuldt *et al.*, 2007; Domínguez & Gómez, 2010). Además, hay que tener en cuenta que las lombrices son delicadas cuando están expuestas a los rayos ultravioletas por eso se recomienda ubicarlas en un lugar donde la luz solar no le llegue directamente (Díaz, 2002).

Domínguez & Gómez (2010) explican que las lombrices necesitan una temperatura de 25 a 32 °C para poder desarrollarse, sin exceder la temperatura ya que se pueden morir si superan los 33 °C, con una humedad de entre 80 y 85%, y poca luminosidad.

La estructura del sustrato en donde viven las lombrices debe ser poroso y tener buena aireación, ya que así se evitarían problemas de segregados como metano, ácido sulfúrico y amoníaco, además el sustrato debe permitirles desplazarse con facilidad para formar las galerías, debe tener un buen drenaje del agua y que la circulación del oxígeno sea de 55 a 65% y el pH de 5 a 9 (Sánchez-Bandera, 2017; Chávez *et al.*, 2019).

La lombriz californiana, presenta una amplia distribución y es tolerante a diferentes condiciones de humedad, resistente a la manipulación del hombre y tiene altos índices de crecimiento y reproducción (Aquino & Nogueira, 2001). Se reproduce por fertilización cruzada, cuando tienen tres o cuatro meses, donde ponen un capullo en diez o treinta días y cada capullo tiene de dos a diez lombrices que salen a los 21 días, consiguiendo reproducirse hasta 10.000 lombrices al año (Arias-Ortiz & Reyes-Piñeros, 2018).

En la Figura 2. se encuentra el ciclo de vida de la lombriz roja californiana.



Figura 2. Ciclo de vida de la lombriz roja californiana (Lombrices Californianas Chile, 2023).

Sistema digestivo y alimentación

El sistema digestivo está conformado por la boca, que succiona el alimento, la faringe que por medio de las glándulas y fibras musculares adheridas a las paredes lubrican el alimento, el esófago desemboca en el buche donde se almacenan los alimentos para ablandarlos y

humedecerlos, la molleja se encarga de masticar y triturar hasta que llegue al intestino, en donde los carbohidratos, grasas y proteínas son intervenidas por la pepsina y lipasa que son enzimas digestivas, por último, el sistema digestivo expulsa por el ano lo que no asimila en forma de excreción (Revera *et al.*, 2017). La morfología de la lombriz se observa en la Figura 3.

Morfología de la lombriz

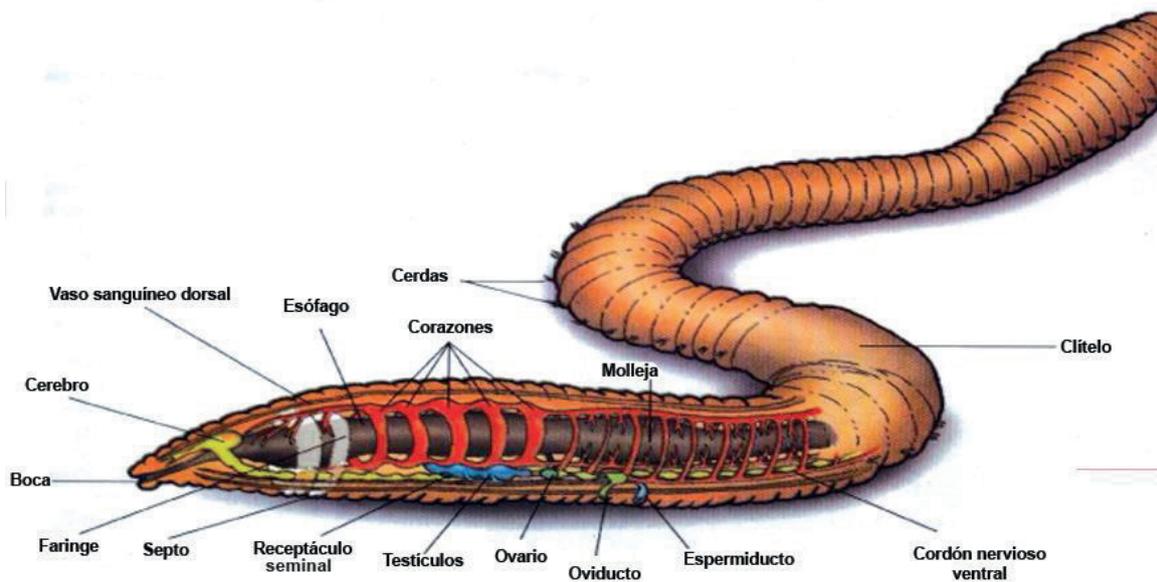


Figura 3. Morfología de la lombriz (Somarriba & Guzmán, 2004).

Con respecto a la alimentación de las lombrices se lo puede hacer con cualquier tipo de sustancia orgánica, teniendo en cuenta que las lombrices respiran por la piel por lo que la producción de calor y gas metano en la etapa de fermentación de las sustancias orgánicas podría afectarlas (Castañeda *et al.*, 2019).

El uso del estiércol bovino es uno de los alimentos nutricionalmente balanceados. El estiércol de conejo tiene un alto contenido de N y es usado con otros tipos de estiércoles, como el de caballo, vaca y cabra para alimentar a las lombrices de manera equilibrada y obtener buenos resultados con la calidad del VC (Moreno-Reséndez *et al.*, 2014).

Para tener resultados positivos con respecto a la eficiencia de la lombriz, esta depende del rendimiento y de la producción que, según De la Ossa & Botero (2003) sería el 60% y el peso corporal depende de la ingestión que tenga en un día; sin embargo, para transformar en humus depende mucho del tipo de sustrato (Escobar *et al.*, 2001), influyendo sobre todo el crecimiento la producción de las lombrices (Durán & Henríquez, 2009).

Otro alimento utilizado para alimentar criaderos de lombrices ha sido el estiércol porcino, ya que este influye en la producción de individuos juveniles y adultos, destacando su buena calidad nutricional en N (Valencia *et al.*, 2014).

Efectos positivos de la aplicación del humus de lombriz al suelo

Las lombrices de tierra son ingenieros del suelo, ya que tienen un gran efecto en las funciones del suelo, que pueden mediar en la estructura del suelo, la dinámica de la materia orgánica, el ciclo de nutrientes y las interacciones biológicas del ecosistema subterráneo (Blouin *et al.*, 2013).

Para mejorar las condiciones de fertilidad en suelos arenosos, se sugiere la lombricultura, ya que es de fácil manejo y ecológicamente constituye un elemento fundamental para la producción orgánica, brindando un abono eficiente y rentable para el uso agrícola en bajas dosis, sobre todo para pequeños productores (900 g a 1kg de lombricomposta por m²) (Colonese *et al.*, 2017).

Para Cancharis & Mendoza (2020), al adicionar humus de lombriz al suelo se obtienen muchos beneficios en la mejora de su estructura, facilita la retención de la humedad y de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las

plantas y mejora la actividad microbiana intensificando la fertilidad del suelo.

La lombricultura es muy importante para reciclar los desechos que se generan de las actividades agrícolas, agroindustria y municipales; aprovechando los recursos se hace uso de las lombrices para transformar los residuos en humus que resulta ser un abono orgánico que permite mejoras en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Briceño & Pérez, 2017).

Se han realizado estudios con lombrices de tierra para la remediación de suelos, especialmente con especies de *Eisenia*. Las lombrices de tierra son especies degradantes que, junto con otros organismos, como bacterias y hongos, forman una simbiosis en la degradación de materiales orgánicos e inorgánicos durante el proceso de vermicompostaje (Flores *et al.*, 2021).

Aplicación del humus de lombriz en el comportamiento agronómico de diversos cultivos

La aplicación de VC proporciona una mayor cantidad de nutrientes vegetales de forma continua durante el período de crecimiento de las plantas, facilitando un mayor contenido de N, P y K y provocando una mejor nutrición de los cultivos, reflejándose en términos de mayor productividad y calidad (Chatterjee *et al.*, 2021).

En una investigación efectuada por Jouquet *et al.* (2011), realizaron la caracterización química de un VC que fue elaborado con estiércol de bufalo, mismo que presentó las siguientes características: 1,76±0,05 (%N); 1,01±0,04 (%P₂O₅); 1,14±0,10 (%K₂O); 57,80±0,29 (CEC cmol+ kg⁻¹); 13,79±0,57 (%C:N) y 7,23±0,26 (pH en H₂O). Además, determinaron que el VC parece ser una alternativa relevante a los fertilizantes químicos porque conduce a mejoras similares en el crecimiento de las plantas, al mismo tiempo que aumenta la calidad del suelo y disminuye la lixiviación de nutrientes.

Se muestran los diferentes cultivos en los que se ha aplicado humus de lombriz de forma sólida y líquida, sus dosis y el efecto en el comportamiento agronómico de diversos cultivos (Tabla 1).

Tabla 1. Aplicación del humus de lombriz en el comportamiento agronómico de diversos cultivos.

Cultivo	Vermicompost	Dosis	Efecto	Referencia
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Sólido de estiércol de vaca	7 t ha ⁻¹	Plantas más altas, vainas mucho más largas, gran cantidad de vainas y ramas laterales por planta	Ayyobi <i>et al.</i> (2014)
Melón (<i>Cucumis melo</i> L.)	VC preparado a partir de estiércoles de caballo, cabra, conejo y bovino mezclados con arena de río	25 : 75, 30 : 70, 35 : 65 y 40 : 60 (% en volumen)	Con 40 % de vermicompost de cualquier fuente, resultado en significancia el rendimiento, peso de fruto, diámetros ecuatorial y polar, grosor de pulpa, cavidad de la placenta y días a cosecha, con 96,386 t ha ⁻¹ , 1,688 kg fruto ⁻¹ , 14,55 cm, 16,73 cm, 3,77 cm, 5,57 cm y 89 días, respectivamente, sin perjuicio del tipo de estiércol utilizado en las combinaciones VC.	Moreno-Reséndez <i>et al.</i> (2014)
Sandía (<i>Citrullus lanatus</i> L.)	VC sólido	Diferentes tratamientos usando cuatro dosis crecientes de VC (0, 3.0, 6.0 y 9.0 Mg ha ⁻¹) y combinación con cuatro dosis de estiércol bovino (0,40, 60 y 80 Mg ha ⁻¹). Comparando con fertilización química 120 Kg Nha ⁻¹ , 60 Kg Pha ⁻¹ y 00 Kg Ka ⁻¹ ,	En rendimiento se obtuvo 29,2 Mg ha ⁻¹ , concluyendo que la fertilización química fue superada por la interacción de estiércol bovino (80 Mg ha ⁻¹) y de VC (6.0 Mg ha ⁻¹) y 8,4 °Brix en la interacción de estiércol bovino (60 Mg ha ⁻¹) y VC (9,0 Mg ha ⁻¹).	Cervantes-Vázquez <i>et al.</i> (2022)
Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	Humus de lombriz y jacinto de agua	15 Kg por 3 m ²	La aplicación del humus de lombriz más el jacinto de agua incrementaron las altura planta, largo del fruto y peso del fruto respecto al control, con rendimiento agrícola alcanzando 1,61 tha ⁻¹ .	Pérez <i>et al.</i> (2017)

(Continúa Tabla 1)

(Continúa Tabla 1)

Maíz (<i>Zea mays</i> L.) y remolacha azucarera (<i>Beta vulgaris</i> L.)	Humus líquido (por decantación, lixiviación y té de humus), un control de humus sólido	Humus líquido (250 ml m ²) y sólido (1 kg m ²)	Las variantes que recibieron humus líquido en condiciones de maceta superaron al testigo e incluso similar al control.	López <i>et al.</i> (2012)
Soya (<i>Glycine max</i> L. Merr.)	Humus de lombriz sólido	6 t ha ⁻¹	Incrementó el rendimiento a 3,84 t ha ⁻¹ .	Gómez-Machado <i>et al.</i> (2017)
Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	Humus de lombriz sólido	0,70 t ha ⁻¹	Estimuló las variables altura de la planta con 114,64 cm, número de frutos con 4,08 frutos, diámetro de los frutos con 7,96 mm y el peso de los frutos con 226,50 g.	Murillo <i>et al.</i> (2016)
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Humus de lombriz sólido	5 Kg por m ²	Mejoró la altura de la planta con 114,64 cm, número de frutos con 4,08 frutos, diámetro de los frutos con 7,96 mm y el peso de los frutos con 226,50 g.	Luna <i>et al.</i> (2015)
Habichuela (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp)	Lixiviado de VC líquido	450 mL de lixiviado en 16 L de agua	La aplicación foliar del lixiviado tuvo un efecto positivo sobre indicadores de crecimiento y productividad evaluados y en el rendimiento agrícola con 2,5 kg m ² .	Rodríguez-Fernández (2017)
Pimiento (<i>Capsicum annum</i> L.)	VC de estiércol de conejo, de pollo, de vaca y de cerdo con diferentes biomasas	10 Mg ha ⁻¹	VC con estiércol de pollo con paja de arroz y estiércol con <i>Azolla pinnata</i> presentaron más propiedades (macronutrientes, micronutrientes, actividades enzimáticas) y aplicabilidad (rendimiento, atributos de rendimiento y morfología de la planta, contenido de nutrientes en la fruta, calidad de la fruta, mejorando la fertilidad del suelo).	Chatterjee <i>et al.</i> (2021)

(Continúa Tabla 1)

(Continúa Tabla 1)

Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Humus de lombriz sólido	Cuatro dosis de VC (0 kg/ha, 4000 kg/ha, 8000 kg/ha y 12000 kg/ha)	Dosis crecientes de aplicación de VC multiplican el rendimiento del cultivo, peso fresco y diámetro, número de hojas, tamaño y ancho de hojas de la planta de lechuga.	Adiloğlu <i>et al.</i> (2018)
--	-------------------------	--	--	-------------------------------

El uso del humus de lombriz en la agricultura es una de las actividades más amigables que tiene con el medio ambiente, ya que la producción de la lombriz no afecta directamente en la agroecología de los ecosistemas, sino que permite la sostenibilidad de los cultivos a corto y largo plazo (Rehman *et al.*, 2023).

El humus de lombriz de forma sólida o líquida aplicada de diferentes formas tiene efectos positivos en el suelo y por ende en las plantas, permitiendo un buen desarrollo y generando una alta productividad de diversos cultivos como los 11 analizados en la presente revisión de literatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adiloğlu, S., Eryılmaz Açıköz, F., Solmaz, Y., Çaktü, E., & Adiloğlu, A. (2018). Effect of vermicompost on the growth and yield of lettuce plant (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *International Journal of Plant & Soil Science*, 21, 1-5.
- Aquino, M.A., & Nogueira, E.M. (2001). *Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução*. Embrapa Agrobiologia, 10 p.
- Arias-Ortiz, M.Á., & Reyes-Piñeros, L.D. (2018). *Determinación de la calidad de abono obtenido mediante el lombricultivo usando diferentes tipos de estiércol, para establecer su factibilidad de comercialización, en el Centro Agropecuario Marengo* [Universidad de la Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1802&context=ing_ambiental_sanitaria
- Ayyobi, H., Hassanpour, E., Alaqemand, S., Fathi, S., Olfati, J. A., & Peyvast, G. (2014). Vermicompost leachate and vermiwash enhance French dwarf bean yield. *International journal of vegetable science*, 20, 21-27.
- Blouin, M., Hodson, M.E., Delgado, E. A., Baker, G., Brussaard, L., Butt, K. R., Dai, J., Dendooven, L., Peres, J., Tondoh, D., Cluzeau, J., & Brun, J. J. (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science*, 64, 161-182.
- Briceño, A., & Pérez, A. (2017). *Utilización del humus Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida) como alternativa amigable al medio ambiente para el cultivo del café* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Nicaragua, Managua.
- Cancharis, G., & Mendoza, N. (2020). Condiciones ambientales y microorganismos adecuados para la obtención de humus de calidad y su efecto en el suelo agrícola. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6, 45-53.
- Castañeda, V.M., Guivin, A.L., & Cuzco, E. (2019). Evaluation of different substrates used in the feeding of californian red worm (*Eisenia foetida*) to improve its production. *Revista UNTRM - Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva INDES CES*, 3, 57-62.
- Chávez, V.M.C., Guadalupe, A.L.G., & Mas, E.C. (2019). Evaluación de diferentes sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a efectos de mejorar su producción. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3, 57-62.
- Cervantes-Vázquez, T. J. Á., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Valenzuela-García, A. A., García-Hernández, J. L., & Cervantes-Vázquez, M. G. (2022). Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). *Terra Latinoamericana*, 40, 1-13.
- Chatterjee, D., Dutta, S. K., Kikon, Z. J., Kuotsu, R., Sarkar, D., Satapathy, B. S., & Deka, B. C. (2021). Recycling of agricultural wastes to vermicomposts: Characterization and application for clean and quality production

- of green bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Cleaner Production*, 315, 128115.
- Colonese, M. D. C., Bernardi, M. J., Cotorruelo, J., & Saucedo, R. (2017). *Humus de lombriz como alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos arenosos de huertas agroecológicas. Agroecología REBIOS*. XI Reunión Nacional Científico-Técnica de Biología de Suelos-Corrientes (Argentina) file:///C:/Users/User/Downloads/2442-7368-1-PB.pdf
- De la Ossa, J., & Botero, L.M. (2003). *Guía para la cría, manejo y aprovechamiento sostenible de algunas especies animales promisorias y otras domésticas*. Convenio Andrés Bello. Serie Ciencia y Tecnología.
- Díaz, E. (2002). Lombricultura, una alternativa de producción, para productores y emprendedores del agro. *Revista La Rioja*, 5-57.
- Domínguez, J., & Gómez, B. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana*, 2: 309-320.
- Durán, L., & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 275-281.
- Escobar, A., Ule, R., & Colorado, G. (2001). Módulo de capacitación: Lombricultura, una alternativa biológica para la producción agrícola en la amazonia. *CORPOICA, Regional Diez*. Florencia, 20.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2013). *Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana*. <http://www.fao.org/3/a-i3360s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2020). *Esta vivo. El suelo es mucho más de lo que piensas*. [Http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1275321/](http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1275321/)
- Flores, F.D.J.R., Núñez, C.M.N., Díaz, L.A.O., Álvarez, C.Á., & Montoya, A.R. (2021). Crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el proceso de vermicompostaje de suelo contaminado con diesel. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 46, 383-387.
- Gheisari, S., Danesh, S., & Mousavi, S.M. (2010). Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in vermicomposting of organic fraction of municipal solid wastes. *Asian Journal of Chemistry*, 22, 1266-1274.
- Gómez-Machado, R., Travieso-Torres, M., Tamayo-López, L. A., & Pupo-Blanco, Y.G. (2017). Aplicación de humus de lombriz y *Bradyrhizobium japonicum* en *Glycine max* (L.) Merrill. *Centro Agrícola*, 44, 65-70.
- Hatti, S.S., Londonkar, R.L., Patil, S.B., Gangawane, A.K., & Patil, C.S. (2010). Effect of *Eisenia foetida* vermiwash on the growth of plants. *Journal of Crop Science*, 1, 6-10.
- Jouquet, E. P., Bloquel, E., Doan, T. T., Ricoy, M., Orange, D., Rumpel, C., & Duc, T. T. (2011). Do compost and vermicompost improve macronutrient retention and plant growth in degraded tropical soils?. *Compost science & utilization*, 19, 15-24.
- Kaladhar, D. S., & Srinivasan, T. (2022). *Production of Commercial Products by Vermiculture and Vermicomposting*. In *Biotechnology for Waste Biomass Utilization* (pp. 231-249). *Apple Academic Press*.
- Kolesnyk, N., Simon, M., Marenkov, O., & Sharamok, T. (2018). Red Californian earthworm (*Eisenia foetida andrei*) as a valuable food item in fish farming. *Рибогосподарська наука України*, 4, 26-48.
- Kumar, S., Tripathi, G., & Mishra, G.V. (2021). A comparative study on earthworm biodiversity & species habitat-relationship of hilly and plain areas of Sirohi district of Rajasthan, India. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 9, 419-439.
- Lombrices Californianas Chile (2023). *Características de las Lombrices Californianas. Ciclo de vida, desarrollo y reproducción*. <https://www.lombricescalifornianas.cl/lombrices-californianas.html>
- López, J., Reyes, V., Reyes, A., & Villa, O. (2012). Evaluación del efecto del humus líquido obtenido por tres métodos, en condiciones de maceta y de campo, utilizando maíz (*Zea mays* L.) y remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) respectivamente. *Desarrollo Local Sostenible*, 5, 1-6.

- Luna, R., Reyes, J., López, R., Reyes, M., Murillo, G., Samaniego, C., Espinoza, A., Ulloa, C., & Travèz, R. (2015). Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Centro Agrícola*, 42, 67-74.
- Manikanta, L., Sudheer, S.V.S., Dhasmana, A., & Sudheer, B. (2023). The science of vermiculture: Use of earthworms in organic waste management. *The Pharma Innovation*, 12, 137-140.
- Moreno-Reséndez, A., García-Gutiérrez, L., Cano-Ríos, P., Martínez-Cueto, V., Márquez-Hernández, C., & Rodríguez-Dimas, N. (2014). Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1, 163-173.
- Murillo, R.L., Cunuhay, K.E., Trávez, R.T., Méndez, C.U., Coronel, A.E., & Albornoz, A.B. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Revista Ciencia y Tecnología*, 9, 11-16.
- Paco, G., Loza-Murguía, M., Mamani, F., & Sainz, H. (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, 24-39.
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *Springerplus*, 1, 26.
- Pérez, J. J. R., Murillo, R.A.L., Bermeo, M.D.R.R., Rosado, Á.J.Y., Pacheco, F.A., Cunuhay, K.A.E., López-Bustamante, R.J., Vázquez-Morán, V.F., Zambrano- Burgos, D., Cabrera-Bravo, D.A., & Rodríguez, J.A.T. (2017). Uso del humus de lombriz y jacinto de agua sobre el crecimiento y desarrollo del pepino (*Cucumis sativus*, L). *Biotecnia*, 19, 30-35.
- Rajiv, K.S., Sunita, A., Krunal, C., Vinod, C., & Brijal Kiranbhai, S. (2010). Vermiculture technology: reviving the dreams of Sir Charles Darwin for scientific use of earthworms in sustainable development programs. *Technology and Investment*, 1, 155-172.
- Ramos, D., & Alfonso, E.T. (2014). Generalities of the organic manures: Bocashi's importance like nutritional alternative for soil and plants. *Cultivos Tropicales*, 35, 52-59.
- Rehman, S.U., De Castro, F., Aprile, A., Benedetti, M., & Fanizzi, F. P. (2023). Vermicompost: Enhancing plant growth and combating abiotic and biotic stress. *Agronomy*, 13, 1134.
- Revera, M., Vargas, E., Gaytán, M., & Morales, V. (2017). Estudio de los cambios morfológicos del sistema digestivo de *Eisenia foetida* en condiciones in vitro en sustratos diferentes. *Revista de Ciencias de la Salud*, 4, 35-40.
- Rodríguez-Fernández, P.A. (2017). Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Ciencia en su PC*, 2, 44-58.
- Ruiz, S.A., Bickel, S., & Or, D. (2021). Global earthworm distribution and activity windows based on soil hydromechanical constraints. *Communications biology*, 4, 612.
- Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L., & Sepúlveda-Chavera, G. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. *Idesia (Arica)*, 32, 95-99.
- Sánchez-Bandera, J. M. (2017). Vermicompostaje de residuos orgánicos con lombrices del género *Eisenia* spp: Proceso y caracterización del producto (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Sevilla.
- Sarmiento, G., Pino, D., Mena, L., Medina, H., & Lipa, L. (2019). Aplicación de humus de lombriz y algas marinas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) Var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria*, 10, 363-368.
- Schuldt, M., Christiansen, R., Scaturice, L., & Mayo, J. (2007). Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperatura. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 8, 1-10.
- Somarriba, R., & Guzmán, F. (2004). *Guía de lombricultura. Guía técnica No. 4*. Universidad Nacional Agraria.

Valencia, D.M., Magda, P.D., Valdés, R., & Sanin-Ortiz, G. (2014). Eficiencia de la lombriz roja *Eisenia foetida* en colonizar sustratos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECLA*, 6, 305-310.

Villegas-Cornelio, V. M., & Laines Canepa, J. R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8, 393-406.

Received May 7, 2023.

Accepted September 8, 2023.