

REVISIÓN

## Liquid vermicompost as a biostimulant in chili pepper nurseries: Literature review and experimental justification

### Vermicompost líquido como bioestimulante en viveros de ají: Revisión de literatura y justificación experimental

Miguel Arellano Molina<sup>1</sup>, Ana Guillén Durán<sup>1</sup>, Hebandreyna González García<sup>2</sup>  

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental Sur Del Lago “Jesús María Semprum”, Departamento de Ingeniería de la Producción Agropecuaria. Santa Bárbara de Zulia. Venezuela.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Ambientales “José Antonio Cándamo” - CIAM, Corporación Universitaria del Meta (UNIMETA), Villavicencio, Meta, Colombia.

**Citar como:** Arellano Molina M, Guillén Durán A, González García H. Liquid vermicompost as a biostimulant in chili pepper nurseries: Literature review and experimental justification. Environmental Research and Ecotoxicity. 2024; 3:113. <https://10.56294/ere2024113>

Enviado: 27-05-2023

Revisado: 10-10-2023

Aceptado: 25-02-2024

Publicado: 26-02-2024

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Hebandreyna González García 

#### ABSTRACT

**Introduction:** the research focused on analyzing the effect of liquid vermicompost on the cultivation of chili bell pepper (*Capsicum annuum* L.) during its nursery stage. The starting point was the environmental problem represented by organic wastes generated in different productive sectors, proposing vermicomposting as a biological management technique to transform them into useful fertilizers. Liquid vermicompost was considered to offer nutritional and physiological advantages for plants, as it contains nutrients, microorganisms and growth hormones.

**Development:** the study reviewed relevant scientific background who evaluated different biostimulants and composts in horticultural crops. All agreed that the use of vermicompost, both solid and liquid, favored vegetative development and productive yield. Variables such as plant height, number of leaves, stem diameter and fruit weight were significantly improved compared to controls or traditional chemical treatments. Liquid vermicompost was shown to be an effective and low-cost alternative, suitable for small producers.

**Conclusions:** liquid vermicompost, applied at different concentrations, notably improved the growth and development of chili bell pepper seedlings. In addition to increasing morphological parameters, it reduced the time needed to take the seedlings to the final field. The research concluded that this organic fertilizer represented a viable agroecological option, capable of substituting conventional fertilizers, improving the quality of the substrate and strengthening sustainable practices in agricultural nurseries.

**Keywords:** Vermicompost; Chili; Nursery; Substrate; Biostimulant.

#### RESUMEN

**Introducción:** la investigación se enfocó en analizar el efecto del vermicompost líquido en el cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.) durante su fase de vivero. Se partió del problema ambiental que representan los residuos orgánicos generados en distintos sectores productivos, proponiendo el vermicompostaje como técnica de manejo biológico para transformarlos en abonos útiles. Se consideró que el vermicompost líquido ofrecía ventajas nutricionales y fisiológicas para las plantas, al contener nutrientes, microorganismos y hormonas de crecimiento.

**Desarrollo:** el estudio revisó antecedentes científicos relevantes quienes evaluaron distintos bioestimulantes y compostajes en cultivos hortícolas. Todos coincidieron en que el uso de vermicompost, tanto sólido como líquido, favoreció el desarrollo vegetativo y el rendimiento productivo. Se destacaron variables como la

altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo y peso del fruto, que se vieron significativamente mejoradas en comparación con testigos o tratamientos químicos tradicionales. El vermicompost líquido se mostró como una alternativa efectiva y de bajo costo, apta para pequeños productores.

**Conclusiones:** el vermicompost líquido, aplicado en diferentes concentraciones, mejoró notablemente el crecimiento y desarrollo de plántulas de ají. Además de incrementar parámetros morfológicos, redujo el tiempo necesario para llevar las plántulas al campo definitivo. La investigación concluyó que este abono orgánico representó una opción agroecológica viable, capaz de sustituir fertilizantes convencionales, mejorar la calidad del sustrato y fortalecer prácticas sostenibles en viveros agrícolas.

**Palabras clave:** Vermicompost; Ají; Vivero; Sustrato; Bioestimulante.

## INTRODUCCIÓN

La creciente generación de materiales de origen muy diverso en diferentes actividades, que tienen consideración de residuos o subproductos y de naturaleza fundamentalmente orgánica, procedente de distintos sectores, si bien en el primario (agricultura y ganadería) y en actividades de transformación y también los residuos urbanos como los lodos procedentes de aguas residuales (EDAR) y restos vegetales del mantenimiento de parques y jardines municipales, es donde se está produciendo las mayores cantidades.<sup>(1,2,3,4)</sup>

El compostaje y el vermicompostaje son dos técnicas que permiten el manejo biológico de estos residuos orgánicos o subproductos, para su estabilización y maduración hasta convertirse en productos con valor fertilizante para el suelo y libres de posibles riesgos de fitotoxicidad o contaminación ambiental.<sup>(5)</sup> El vermicompostaje realiza esta función de degradación mediante la acción conjunta de microorganismos y lombrices, lo que permite reducir los costes del proceso, acortar los plazos y la obtención de un producto final de mayor calidad.<sup>(6,7,8,9)</sup>

Por otro lado, el ají atraviesa por ciertos fenómenos biológicos, vinculados con sus fases fenológicas y con distintas variables como por ejemplo el nivel nutricional del sustrato que se utiliza en su etapa de vivero, dichos cambios biológicos según <sup>(6)</sup> pueden llegar a ser visibles o no desde la emergencia hasta la caída de los cotiledones, por su parte, <sup>(7)</sup> señalaron que en la etapa de vivero se pueden evaluar algunos cambios entre los 35 y 40 días después de la siembra, que es el tiempo requerido por la planta para llevarla a campo definitivo con una altura aproximada de 12 a 15 centímetros, con un grosor de 5 a 7 milímetros y 4 o 5 foliolos, estos parámetros serán alcanzados en mayor o menor tiempo dependiendo de algunas variables entre las cuales podemos mencionar el nivel nutricional de los sustratos.<sup>(10,11,12)</sup>

Es así como <sup>(8)</sup> 2012 han manifestado que el uso del vermicompost, líquido en sustratos incrementan considerablemente el crecimiento y desarrollo de algunos cultivos hortícolas como por ejemplo el ají, ya que, el vermicompost constituye una fuente de nutricional para las plantas, además, de poder generar una mejora significativa en las propiedades físicas de los sustratos. De igual manera <sup>(9)</sup> mencionan que el vermicompost líquido, ha demostrado ejercer efectos positivos en los cultivos debido a que actúan como estimuladores o reguladores del crecimiento de las plantas, por reforzar la actividad bioquímica y fisiológica, a través de sus componentes hormonales (auxinas, citoquininas y giberelinas), nutrientes minerales, aminoácidos y proteínas de baja masa molecular, así como los ácidos húmicos constituyentes del bioestimulador.

Partiendo de dichas premisas, para alcanzar los parámetros planteados concernientes al crecimiento y desarrollo de los cultivos hortícolas en la fase de vivero, se decidió probar el vermicompost líquido en tres concentraciones distintas en el cultivo de ají como una alternativa agroecológica ideal en producción de cultivos hortícolas en fase de vivero. Con ello se buscó poner en práctica alternativas orgánicas, que permitan obtener plántulas vigorosas, sanas y que puedan ser trasplantadas en el menor tiempo posible; donde se le brinde una solución orgánica, económica y viable al productor hortícola como forma de abonar sus cultivos.<sup>(13,14,15)</sup>

Del mismo modo, el aporte teórico del trabajo de investigación, se sustentó en el análisis de diferentes referentes conceptuales sobre los abonos orgánicos, el vermicompostaje y el cultivo del ají construyendo un estado del arte actualizado lo cual permita comprender mejor estos temas. Las pocas investigaciones que se han hecho en la zona de estudio han estado relacionadas con el uso de abonos orgánicos principalmente sólidos en cultivos olerícolas de hojas; sin embargo, no se ha abordado con amplitud el uso del lixiviado de vermicompost y su efecto en fases de crecimiento y desarrollo en el cultivo del ají.

Igualmente, la información obtenida en este estudio podrá ser aprovechada por institutos de investigación agrícola para ser utilizada en otras unidades de producción con iguales o similares condiciones climáticas. Aunado a ello, servirá de base para estudios futuros que fortalezcan y aumenten el uso de abonos orgánicos en la fertilización de cultivos olerícolas.<sup>(16,17,18)</sup>

## DESARROLLO

### Antecedentes de la investigación

Uno de los trabajos previos considerados fue el de Solórzano, 2019 denominado: Efecto de quitosano, hongos

micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento (*Capsicum annum* L) bajo condiciones protegidas. El estudio se realizó en la finca experimental “La María” en la zona del Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, ubicada en el kilómetro 7,5 de la vía Quevedo- El Empalme, Ecuador. Para ello se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4 con 3 repeticiones, siendo el primer factor las variedades (Magaly y Lycal), y el segundo los bioestimulantes: ácidos húmicos (1:30 v/v), quitosano (3 g/l de agua) y hongos micorrízicos (20g de esporas/ml), adicionándose un testigo (control) por cada variedad (sin aplicación de bio-estimulantes).

Los resultados demostraron que los tres bioactivos estudiados incrementaron entre 11,66 y 16,67 % la germinación de las semillas, mientras que la emergencia fue potenciada por los ácidos húmicos y quitosano (90,00 y 86,67 % de plántulas emergidas, respectivamente). La aplicación de ácidos

húmicos produjo plantas de mayor altura a los 25 y 45 días después de la siembra con 19,38 y 46,38 cm, y tallos de mayor diámetro 8,87 y 16,05 mm, en las dos evaluaciones, respectivamente. Esto a su vez incrementó la biomasa fresca y seca de las plántulas (339,38 y 106,72 g). La producción de frutos por planta (15,33 frutos), así como sus características de longitud, diámetro y peso se incrementaron al aplicar ácidos húmicos (12,22 cm, 43,33 mm y 92,22 g), generando el más alto rendimiento con 29166,67 kg/ha. De este modo, recomiendan aplicar ácidos húmicos en la producción de pimiento puesto que mostró los mejores resultados de indicadores de crecimiento y producción de este cultivo en condiciones protegidas.

Por su parte, <sup>(2)</sup> en su estudio titulado: Uso de té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja, en México; tuvieron como objetivo comparar la aplicación de té de vermicompost con la solución Steiner (solución universal), para determinar su eficiencia como fuente de nutrimentos en la producción de hortalizas de hoja.

Para ello elaboraron té de vermicompost, con 4 kg de vermicompost contenidos en un costal sumergido en 16 litros de agua; consecutivamente hicieron diluciones para aplicar al cultivo, el cual ajustaron el pH a 5,5 con ácido sulfúrico para dar buenas condiciones a la planta y los nutrimentos se absorbieran; además tomaron en cuenta la conductividad eléctrica (CE), que no debía ser mayor de 2,0 dS m<sup>-1</sup>, tratando de ajustar a un estándar de soluciones nutritivas hecha a base de sales minerales.

El sistema a utilizar en la producción de hortalizas de hoja fue de Nft (nutrient film technique), el cual es un sistema muy simple donde se utilizan tubos de PVC y tanques de almacenamiento de la solución. Este sistema está automatizado con un bomba que es responsable de enviar la solución por los tubos de PVC cada dos horas, donde están las plantas desarrollándose. Para valorar el potencial del té de vermicompost, como solución nutritiva, se comparó el sistema con la solución nutritiva mineral de Steiner en la producción de albahaca, cilantro y lechuga. <sup>(19,20,21,22)</sup>

Los resultados registrados en biomasa para plantas de albahaca y cilantro tratadas con té de vermicompost fueron similares a las crecidas con la solución Steiner, sin embargo, los autores resaltan la ventaja que representa el té, lo cual es una opción viable para la producción de hortalizas, ya que se obtiene fácilmente con una cantidad menor de insumos, de esta manera representa una alternativa valiosa al alcance del productor de bajos recursos financieros y tecnológicos.

Asimismo <sup>(3)</sup> realizó su trabajo especial de grado denominado: Efecto del vermicompost sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo sistema protegido, en la Estación Experimental “La Teodomira”, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador; con el objetivo de evaluar las repuestas en el crecimiento y rendimiento en el cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L.) mediante la aplicación de diferentes dosis de vermicompost. <sup>(22,23,24)</sup>

Para su efecto, se utilizó un diseño de bloques al azar; en el cual se aplicaron 5 tratamientos distribuidos de la siguiente manera: tratamiento 1 (suelo testigo); tratamiento 2 (vermicompost de estiércol de bovino (VEB) 7 t.ha<sup>-1</sup>; 420 g/planta); tratamiento 3 (VEB 5 t.ha<sup>-1</sup>; 300 g/planta); tratamiento 4 (VEB 3 t.ha<sup>-1</sup>; 180 g/planta) y tratamiento 5 (fertilización química NPK; 10g/planta); donde se evaluaron las siguientes variables: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, pigmentos fotosintéticos y producción total. Para el análisis estadístico de las variables en estudio se empleó el software SPSS.

El empleo de vermicompost provocó efectos favorables sobre gran parte de las variables estudiadas, por tanto condujo a incrementos significativos en la altura y la cantidad de hojas por planta con respecto a las plantas fertilizadas con nitrógeno, fósforo y potasio; destacándose el tratamiento 4 (VEB 3 t.ha<sup>-1</sup>) como el más integral. <sup>(25,26,27)</sup>

De la misma forma, <sup>(10)</sup> evaluaron el comportamiento del chile Húngaro (*Capsicum annum*) en mezclas de vermicompost - arena bajo condiciones protegidas, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila, México; con el fin de determinar la concentración óptima de la mezcla vermicompost - arena (VC:A; v:v) que satisfaga las necesidades nutricionales del cultivo de chile tipo Húngaro (*Capsicum annum*). Se utilizó un diseño en bloques al azar con cinco repeticiones, donde las mezclas evaluadas fueron cuatro combinaciones de VC:A con las relaciones 1:1; 2:1; 3:1; 4:1 y un testigo 0:1 (arena más solución nutritiva). De la misma manera, las variables evaluadas fueron: altura de planta y diámetro basal del tallo, en el fruto: longitud, diámetro ecuatorial, espesor del pericarpio, número de lóculos, peso y rendimiento. <sup>(28,29,30)</sup>

En el mismo orden de ideas, para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas se aplicó el ANDEVA y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0,05. Como principales resultados obtuvieron que para las variables evaluadas en el cultivo del chile tales como: altura de planta, longitud del fruto, espesor del pericarpio, y número de frutos por planta, presentaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ), siendo el tratamiento 1:1 la mezcla más adecuada para el desarrollo del cultivo de chile tipo Húngaro bajo condiciones protegidas, además indican que el empleo de vermicompost en cantidades crecientes mejora el desarrollo del cultivo.<sup>(31,32,33)</sup>

Del mismo modo, <sup>(10)</sup> realizaron un estudio denominado: Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annum*) en invernadero, del módulo de Horticultura Protegida del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México. Para ello determinaron propiedades físicas, químicas y agronómicas de cuatro sustratos obtenidos de desechos agrícolas utilizados para la producción de plántulas de chile tipo 'onza' como una alternativa al uso de sustratos convencionales. Se utilizó un diseño experimental aleatorizado, con 4 tratamientos y 3 repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. Los tratamientos fueron: turba (T1) (testigo), vermicomposta (T2), vermicomposta + composta de bagazo de maguey mezcalero (T3) y composta de bagazo de maguey mezcalero (T4).<sup>(34,35)</sup>

Entre sus principales resultados señalan que el mayor porcentaje de germinación se observó en las semillas del tratamiento T1, sin mostrar diferencias con las semillas germinadas en los sustratos alternativos T3 y T4, por lo que se considera que estos no afectaron negativamente la germinación de chile tipo 'onza', sólo el T2 (VC 100 %) lo cual redujo la germinación 10 % con respecto al resto de los tratamientos; por lo tanto aun cuando el material vegetal utilizado corresponde a colectas seleccionadas por los productores de la región, indican que existe una variabilidad genética que pudiera incidir en la capacidad germinativa de la semilla.

En el mismo contexto, plántulas cultivadas en vermicomposta + bagazo de maguey (50:50) (T3) y en bagazo de maguey mezcalero (T4), presentaron la mayor altura (12,29 cm y 13,07 cm, respectivamente). Mientras que plántulas cultivadas en vermicomposta obtuvieron el mayor número de hojas (9,25).<sup>(36,37)</sup>

## CONCLUSIONES

La investigación permitió concluir que el uso del vermicompost líquido como alternativa orgánica en la etapa de vivero del cultivo de ají (*\*Capsicum annum L.\**) generó efectos positivos sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas. A partir del análisis de antecedentes nacionales e internacionales, se evidenció que la aplicación de productos orgánicos como los lixiviados de vermicompost, ácidos húmicos y otros bioestimulantes, favoreció significativamente variables morfofisiológicas clave como la altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo y rendimiento, incluso en comparación con fertilizantes químicos convencionales.<sup>(38,39)</sup>

El vermicompost, al ser producto de la descomposición biológica mediada por lombrices y microorganismos, aportó nutrientes esenciales, hormonas de crecimiento y microorganismos benéficos que mejoraron las condiciones del sustrato y, por tanto, el estado nutricional de las plántulas. Este insumo contribuyó no solo al desarrollo vigoroso de las plantas, sino también a una mayor eficiencia en el uso del tiempo en la fase de vivero, permitiendo su trasplante a campo definitivo en un periodo más corto.<sup>(40)</sup>

Asimismo, la comparación con otras investigaciones demostró que el vermicompost líquido pudo competir favorablemente con soluciones minerales tradicionales, al ofrecer ventajas ecológicas, económicas y productivas, especialmente en sistemas protegidos y bajo condiciones controladas. Investigaciones previas como las de <sup>(1,2,3)</sup> reforzaron estos hallazgos, al reportar incrementos en el rendimiento, calidad del fruto y desarrollo vegetativo en distintos cultivos hortícolas bajo tratamientos con vermicompost.

De igual manera, se confirmó que la calidad del sustrato fue determinante para el logro de plántulas con características óptimas para el trasplante. El vermicompost mejoró la estructura física del sustrato, su capacidad de retención de agua y su actividad biológica, aspectos claves para una germinación y emergencia eficaces.

En definitiva, el uso del vermicompost líquido se presentó como una estrategia agroecológica viable y sustentable para pequeños y medianos productores, al brindar una opción accesible, amigable con el ambiente y capaz de generar productos hortícolas de alta calidad. Se recomendó fomentar su uso en viveros agrícolas como una práctica habitual dentro de sistemas de producción orgánica o integrada, promoviendo así una agricultura más sustentable y resiliente frente a las limitaciones del modelo convencional.<sup>(41,42,43,44,45)</sup>

## REFERENCIAS

1. Solórzano A. Efecto de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento (*Capsicum annum*) [trabajo de grado]. Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias; 2019 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3848>

2. González-Solano K, Rodríguez-Mendoza M, Sánchez-Escudero J, Trejo-Téllez L, García-Cué J. Uso de té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja. *Agro Productividad*. 2018;7(6).

3. Zambrano J. Efecto del vermicompost sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo sistema protegido [trabajo de grado]. Ecuador: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica; 2018 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/1277/1/EFEECTO%20DEL%20VERMICOMPOST%20SOBRE%20EL%20CRECIMIENTO%20Y%20RENDIMIENTO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20PIMIENTO%20%28Capsicum%20annuum%20L.%29%20BAJO%20SISTEMA%20PROTEGIDO.pdf>
4. Pérez-Espinosa A, Camiletti J, Pérez-Murcia M, Agulló E, Andreu J, Bustamante M, et al. Biotransformación de residuos orgánicos de distinta naturaleza combinando compostaje y vermicompostaje. En: López R, Cabrera F, editores. V Jornadas de la Red Española de Compostaje. Red Española de Compostaje; 2017. p. 88-92.
5. Vázquez E, Teutscheroová N, Fernández E, Benito M, Masaguer A. La combinación del vermicompostaje y compostaje mejora las propiedades agronómicas del producto final respecto al solo compostaje de los residuos. En: López R, Cabrera F, editores. \*V Jornadas de la Red Española de Compostaje. Reciclando los residuos para mejorar los suelos y el medioambiente\*. Red Española de Compostaje; 2017. p. 277-81.
6. Solomon E, Berg L, Martín D. Biología. México: Cengage Learning; 2014.
7. Mundarain S, Coa M, Cañizares A. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce. Rev UDO Agrícola. 2005;5(1):62-7.
8. Domínguez J, Lazcano C, Brandon M. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Acta Zool Mex. 2012;26(2):359-71.
9. Torres A, Cué J, Hernández G, Peñarrieta S. Efectos del BIOSTÁN en la altura y masa seca de *Phaseolus vulgaris*, genotipo criollo. Rev La Técnica. 2015;15:18-25.
10. Moreno A, Rodríguez N, Reyes J, Márquez C, Reyes J. Comportamiento del chile Húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas. Rev Fac Cienc Agrar. 2014;46(2):97-111.
11. López-Baltazar J, Méndez-Matías A, Pliego-Marín L, Aragón-Robles E, Robles-Martínez M. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. Rev Mex Cienc Agríc. 2013;6:1139-50.
12. Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA). Uso y manejo de abonos orgánicos [Internet]. Fondo de Cooperación Chile-México; 2017 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/290745/Gu\\_a\\_Abonos\\_Org\\_nicos\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/290745/Gu_a_Abonos_Org_nicos_.pdf)
13. Arias F. El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica. Caracas: Editorial Episteme; 2012.
14. Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC). Vegetable production training manual. Tainan, Taiwán: AVRDC Publication; 1990.
15. Ansorena J, Batalla E, Merino D. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos [Internet]. Insurumen Eta Nekazal Laborategia; 2014 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: [https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/140711evaluar\\_compost\\_ansorena](https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/140711evaluar_compost_ansorena)
16. Brukhin V, Morozova N. Plant growth and development - basic knowledge and current views. Math Model Nat Phenom. 2011;6(2):1-53.
17. Cajamarca D. Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos [tesis de grado]. Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2012 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>
18. Di Benedetto A, Tognetti J. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. Rev Investig Agropecu. 2016;ISSN 1669-2314.

19. Fontúrbel F, Achá D, Mondaca D. Manual de introducción a la botánica. La Paz, Bolivia: Editorial Publicaciones Integrales; 2007.
20. Fundación de Desarrollo Agropecuario. Cultivo de ají. Boletín N° 20. Santo Domingo, República Dominicana: Fundación de Desarrollo Agropecuario INC; 1989.
21. Garro J. El suelo y los abonos orgánicos. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA); 2016.
22. González K, Rodríguez M, Trejo L, Sánchez J, García J. Propiedades químicas de tés de vermicompost. *Rev Mex Cienc Agríc*. 2013;(Pub Esp 5):901-11.
23. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Elaboración de abonos orgánicos [Internet]. 2018 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <https://inta.gob.ni/project/elaboracion-de-abonos-organicos/>
24. Jiménez V. Efecto de aplicación de diferentes fuentes de fertilizantes en 3 genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) a nivel plántula [tesis de grado]. México: Universidad Autónoma Agraria, División de Agronomía; 2010 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/44832>
25. Larco E. Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en plátano [tesis de maestría]. Turrialba, Costa Rica: CATIE; 2004 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4776?show=full>
26. Martínez C. Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo. Texcoco, México: Lombricultura Técnica Mexicana; 1996.
27. Martínez D, Torres J. Manual teórico: fisiología vegetal [Internet]. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología; 2013 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: [https://www.academia.edu/5198464/BENEMERITA\\_UNIVERSIDAD\\_AUTONOMA\\_DE\\_PUEBLA\\_ESCUELA\\_DE\\_BIOLOGIA\\_MANUAL\\_TE%3%93RICO\\_FISIOLOG%3%8DA\\_VEGETAL](https://www.academia.edu/5198464/BENEMERITA_UNIVERSIDAD_AUTONOMA_DE_PUEBLA_ESCUELA_DE_BIOLOGIA_MANUAL_TE%3%93RICO_FISIOLOG%3%8DA_VEGETAL)
28. Melgar R, Benítez E, Nogales R. Bioconversion of wastes from olive oil industries by vermicomposting process using the epigeic earthworm *Eisenia andrei*. *J Environ Sci Health B*. 2009;44(5):488-95.
29. Melo O, López L, Melo S. Diseño de experimentos: métodos y aplicaciones. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Centro Editorial de la Facultad de Ciencias; 2020.
30. Mendoza D. Vermicompost y compost de residuos hortícolas como componentes de sustratos para la producción de planta ornamental y aromática [tesis doctoral]. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia; 2010 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/8685?show=full>
31. Mosquera B. Abonos orgánicos: protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos [Internet]. FONAG-USAID; 2010 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: [https://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos\\_org\\_nicos\\_-\\_protegen\\_el\\_sue](https://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos_org_nicos_-_protegen_el_sue)
32. Martínez D, Torres J. Manual teórico: fisiología vegetal [Internet]. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología; 2013 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <https://www.academia.edu/5198464/>
33. Monge A. Evaluación del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate y chile dulce mediante seis sustratos y tres métodos de fertilización [trabajo de grado]. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica; 2007 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/60991235.pdf>
34. Murray R, Bojórquez J, Hernández A, Orozco M, García J, Gómez R, et al. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal en Nayarit, México. *Rev Bio-Ciencias*. 2011;1(3):27-35.
35. Nogales R. Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales [Internet]. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo; 2010 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp->

content/uploads/2015/06/4.-Rogelio-Nogales.-Vermicompostaje.pdf

36. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Agricultura orgánica [Internet]. 2015 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>

37. Organización Mundial de la Salud (OMS). Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura [Internet]. Ginebra: OMS; 1992 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39175>

38. Palella S, Martins F. Metodología de la investigación cuantitativa. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL); 2017.

39. Rodríguez P. Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata*). Ciencia en su PC. 2017;(2):44-58.

40. Rosario M, Camacho C. Apuntes de metodología de la investigación. Santa Bárbara de Zulia, Venezuela: Dirección de Publicaciones UNESUR; 2015.

41. Santiago A, Nahuat J. Efecto de la dosificación del lixiviado de lombriz (*Eisenia foetida*) en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*) [trabajo de grado]. México: Instituto Tecnológico de la Zona Maya; 2016 [citado 2024 mar 30]. Disponible en: [http://www.itzonamaya.edu.mx/web\\_biblio/archivos/res\\_prof/agro/agro-2016-11.pdf](http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2016-11.pdf)

42. Segura J. Introducción al desarrollo: concepto de hormona vegetal. En: Azcón J, Talón M, editores. Fundamento de fisiología vegetal. Barcelona: McGraw-Hill Interamericana; 2007. p. 349-76.

43. Trevisan S, Ornella F, Quaggiotti S, Serenella N. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. Plant Signal Behav. 2010;5(6):635-43.

44. Valadez L. \*Producción de hortalizas\*. México: Limusa, S.A.; 1998.

45. Yuni J, Urbano C. \*Técnicas para investigar: recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación\*. Argentina: Editorial Brujas; 2014.

## FINANCIACIÓN

Ninguna.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Curación de datos:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Análisis formal:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Investigación:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Metodología:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Administración del proyecto:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Recursos:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Software:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Supervisión:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Validación:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Visualización:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Redacción - borrador original:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.

*Redacción - revisión y edición:* Miguel Arellano Molina, Ana Guillén Durán, Hebandreyna González García.