

REVISIÓN

## Liquid vermicompost as a biostimulant in chili pepper nurseries: Morphophysiological evaluation and impact analysis

### Vermicompost líquido como bioestimulante en viveros de ají: Evaluación morfofisiológica y análisis de impacto

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:** Molina MA, Durán AG, González García H. Liquid vermicompost as a biostimulant in chili pepper nurseries: Morphophysiological evaluation and impact analysis. Environmental Research and Ecotoxicity. 2024; 3:112. <https://doi.org/10.56294/ere2024112>

Enviado: 20-05-2023

Revisado: 29-09-2023

Aceptado: 05-01-2024

Publicado: 06-01-2024

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Hebandreyna González García 

#### ABSTRACT

**Introduction:** the present study addressed the need to find sustainable alternatives in agricultural production, highlighting the role of organic agriculture as an ecological agroecosystem management system. The importance of using natural inputs such as organic fertilizers to maintain soil fertility, protect biodiversity and reduce pollution was recognized. Among these inputs, vermicomposting was positioned as an effective technique for transforming organic residues into useful products for agriculture, with special interest in its application to horticultural crops such as chili peppers (*Capsicum annuum* L.) in the nursery stage.

**Development:** during the development of the study, it was explained that vermicompost, being the result of the activity of earthworms and microorganisms, offered a stable product, rich in nutrients, and capable of improving the physical, chemical and biological conditions of the soil. It was described that this compost stimulated seedling emergence, as well as root growth, stem height and number of leaves, thanks to the release of hormonal compounds and beneficial microorganisms. The advantages of liquid vermicompost over synthetic fertilizers were also mentioned, as it is an accessible and environmentally friendly solution.

**Conclusions:** the use of vermicompost leachate proved to be an effective agroecological alternative in chili bell pepper nursery production. It was concluded that it promoted early plant development, improved the substrate and reduced the time to transplanting, directly benefiting small and medium producers interested in sustainable agricultural systems.

**Keywords:** Vermicompost; Chili; Organic Agriculture; Organic Fertilizers; Nursery.

#### RESUMEN

**Introducción:** el presente estudio abordó la necesidad de encontrar alternativas sustentables en la producción agrícola, destacando el papel de la agricultura orgánica como un sistema de manejo ecológico del agroecosistema. Se reconoció la importancia de emplear insumos naturales como los abonos orgánicos para mantener la fertilidad del suelo, proteger la biodiversidad y reducir la contaminación. Entre estos insumos, el vermicompostaje se posicionó como una técnica eficaz para transformar residuos orgánicos en productos útiles para la agricultura, con especial interés en su aplicación en cultivos hortícolas como el ají (*Capsicum annuum* L.), en su etapa de vivero.

**Desarrollo:** durante el desarrollo del estudio se explicó que el vermicompost, al ser resultado de la actividad de lombrices y microorganismos, ofrecía un producto estable, rico en nutrientes, y capaz de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Se describió que este abono estimulaba la emergencia de

plántulas, así como el crecimiento radicular, la altura del tallo y el número de hojas, gracias a la liberación de compuestos hormonales y microorganismos benéficos. Asimismo, se mencionaron las ventajas del vermicompost líquido frente a los fertilizantes sintéticos, al tratarse de una solución accesible y amigable con el ambiente.

**Conclusiones:** el uso del lixiviado de vermicompost demostró ser una alternativa agroecológica eficaz en la producción de ají en vivero. Se concluyó que promovió el desarrollo vegetal temprano, mejoró el sustrato y redujo el tiempo hasta el trasplante, beneficiando directamente a pequeños y medianos productores interesados en sistemas agrícolas sostenibles.

**Palabras clave:** Vermicompost; Ají; Agricultura Orgánica; Abonos Orgánicos; Vivero.

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas sostenibles para la producción agrícola ha impulsado en las últimas décadas el interés por prácticas agroecológicas que promuevan el equilibrio entre productividad, salud ambiental y bienestar social. En este contexto, la agricultura orgánica se ha consolidado como un sistema de producción que excluye el uso de insumos sintéticos y prioriza la gestión integral del agroecosistema, enfocándose en conservar la fertilidad del suelo, proteger la biodiversidad y evitar la contaminación ambiental. Según la FAO<sup>(1)</sup>, se trata de un enfoque holístico que fomenta el uso de prácticas adaptadas a cada región, basadas en métodos culturales, biológicos y mecánicos, en contraposición al uso de agroquímicos.

Uno de los pilares fundamentales de este tipo de agricultura es el uso de abonos orgánicos, derivados de residuos de origen animal y vegetal, que aportan nutrientes esenciales y mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Estos insumos favorecen la estructura, porosidad y capacidad de retención de agua del suelo, al mismo tiempo que incrementan la fertilidad mediante la liberación de nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre. Además, estimulan la actividad microbiana, vital para la descomposición de la materia orgánica y la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

Dentro de este enfoque, el vermicompostaje ha destacado como una técnica eficiente y ecológica para transformar residuos orgánicos mediante la acción conjunta de lombrices y microorganismos. El producto resultante, conocido como vermicompost o humus de lombriz, es un material estable, fino y con alta concentración de nutrientes y microorganismos benéficos. Este proceso puede desarrollarse a diferentes escalas y ha demostrado ser eficaz en la mejora del rendimiento de diversos cultivos agrícolas.

En el caso particular del cultivo de ají (*Capsicum annum* L.), planta de alta demanda comercial, el uso de vermicompost puede incidir positivamente en su fase inicial de desarrollo, especialmente durante la etapa de vivero. Esta fase es crítica para la obtención de plántulas vigorosas y sanas, con características adecuadas para el trasplante, tales como buen desarrollo radicular, altura óptima, diámetro de tallo y número de hojas.

Por lo tanto, resulta fundamental estudiar el efecto del lixiviado de vermicompost sobre las variables fisiológicas y morfológicas del cultivo de ají, ya que ello permitirá validar su uso como una alternativa sustentable, económica y accesible para pequeños y medianos productores hortícolas que buscan reducir el uso de insumos químicos sin comprometer la productividad de sus cultivos.

## DESARROLLO

### Bases teóricas

#### Agricultura orgánica

Actualmente se ubican muchas explicaciones y conceptualizaciones de la agricultura orgánica, pero todas coinciden en la gestión del ecosistema en vez de la utilización de insumos agrícolas. Un sistema donde se tomen en cuenta prácticas de gestión específicas para el sitio de que se trate, que mantengan e incrementen la fertilidad del suelo a largo plazo y eviten la propagación de plagas y enfermedades; en sustitución de las posibles consecuencias ambientales y sociales, producto de la utilización de insumos agrícolas, tales como: fertilizantes y plaguicidas sintéticos, medicamentos veterinarios, semillas y especies modificadas genéticamente, conservadores y aditivos.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)<sup>(1)</sup> la conceptualización de agricultura orgánica es la siguiente:

Es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos, y la actividad biológica del suelo. Hace hincapié en el empleo de prácticas de gestión prefiriéndolas respecto al empleo de insumos externos a la finca, teniendo en cuenta que las condiciones regionales requerirán sistemas adaptados localmente. Esto se consigue empleando, siempre que sea posible, métodos culturales, biológicos y mecánicos, en contraposición al uso de materiales sintéticos, para cumplir cada función específica dentro del sistema. Se pueden comprender tres causas de la

#### agricultura orgánica:

- La promoción de la agricultura orgánica por el consumidor o el mercado. Se reconocen los productos orgánicos claramente gracias a su certificación y etiquetado. Los consumidores eligen productos producidos, elaborados, manipulados y comercializados en una forma específica.
- La promoción de la agricultura orgánica por los servicios. En países como los de la Unión Europea (UE) hay subsidios para la agricultura orgánica, a fin de que se produzcan bienes y servicios ambientales, como reducir la contaminación de los mantos freáticos o crear un paisaje con mayor biodiversidad.
- La promoción de la agricultura orgánica por los agricultores. Algunos productores consideran que la agricultura convencional no es sostenible y han creado otras modalidades de producción para mejorar la salud de sus familias, la economía de sus fincas y su autosuficiencia. En muchos países en desarrollo se adopta la agricultura orgánica como método para mejorar la seguridad alimentaria del hogar o para reducir los gastos en insumos. De igual manera, en los países desarrollados, los pequeños agricultores están creando cada vez más canales directos de oferta de productos orgánicos sin certificar a los consumidores.

#### Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de lo que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes; el suelo con la descomposición de estos abonos, se va enriqueciendo con carbono orgánico y mejora sus características físicas química y biológicas Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)<sup>(2)</sup>; esto se obtienen debido a la degradación y mineralización de los materiales orgánicos; que a su vez incrementan la actividad microbiana de la tierra y es rico en materia orgánica, energía y microorganismos.

#### Origen de los abonos orgánicos

Pueden proceder de ecosistemas naturales con vegetación permanente o de ecosistemas agrícolas, aun así, la mayor fuente para abonos orgánicos es de desechos de origen animal, vegetal y mixto Cajamarca D<sup>(3)</sup>.

#### Propiedades físicas del suelo mejoradas por los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos tienden a influir de manera favorable sobre las propiedades físicas del suelo, específicamente, su estructura, aireación, porosidad, estabilidad de agregados, infiltración, conductividad hidráulica y sobre la capacidad de retención de agua. Murray et al.<sup>(4)</sup> afirmaron que los valores de materia orgánica del suelo y de la densidad aparente presentes en el sistema agroforestal, mejoró la estructura del suelo en los primeros 20 cm.

En este sentido, los aportes de cobertura vegetal anual propiciaron cambios en la estructura del suelo al aumentar la velocidad de infiltración y mejorando la densidad aparente, porosidad total y capacidad de retención de humedad.

#### Propiedades químicas del suelo mejoradas por los abonos orgánicos

En la agricultura orgánica, se responde a las necesidades del suelo mediante el uso de abonos orgánicos con opciones de origen natural, como la roca fosfórica, harina de rocas, cal dolomita, orykta (abono natural extraído de minas rico en dióxido silicio 59 % y 22 minerales más), bórax (tetraborato de sodio, extraído en forma natural de depósitos de evaporita), Kmag (abono natural extraído de minas y contiene 22 % K<sub>2</sub>O, 18 % MgO, 22 % S), sulfato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio, sulfato de Zn, sulfato de cobre, sulfato de manganeso, y fuentes de origen animal como la harina de pescado o de hueso, cáscaras de huevos, entre otras. Estas alternativas permiten solventar deficiencias de fertilidad de cada suelo o bien en función de las necesidades del cultivo Garro J<sup>(5)</sup>.

Los beneficios de los abonos orgánicos sobre las propiedades químicas del suelo se detallan seguidamente: Contribuyen a incrementar la fertilidad del suelo mediante la liberación de varios nutrientes esenciales para las plantas entre los cuales se destacan: el nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y algunos elementos menores, como el cobre (Cu) y el boro (B); incremento en la capacidad de intercambio catiónico del suelo (C.I.C.) que se manifiesta en mayor retención y aporte de elementos minerales a las plantas y por supuesto incremento de la capacidad buffer o amortiguadora del suelo, lo cual se ve reflejado directamente en la habilidad para resistir cambios bruscos en el pH del suelo, en el caso de que se adicionen sustancias o productos que dejen residuo ácido o alcalino.<sup>(6,7,8)</sup>

#### Propiedades biológicas del suelo mejoradas por los abonos orgánicos

Se considera que los microorganismos tienen una gran influencia en las propiedades del suelo, además de ejercer efectos directos sobre el crecimiento de las plantas. Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, debido a la descomposición ejercida sobre las partículas del este recurso, por

efecto de la generación y de reacciones bioquímicas que ahí se dan, por lo que hay mayor actividad de los microorganismos aerobios.<sup>(9,10)</sup> También producen sustancias inhibitoras y activadoras de crecimiento, incrementan considerablemente el desarrollo de microorganismos benéficos, tanto para degradar la materia orgánica del suelo como para favorecer el desarrollo del cultivo Mosquera B<sup>(6)</sup>.

La calidad del compost para un uso dado suele determinarse, entre otras, por dos vías diferentes:

- Mediante experimentos de campo, en los que se mide la respuesta de las plantas en condiciones reales de cultivo a diferentes dosis de compost, en términos de producción de biomasa, crecimiento radicular, número de hojas o de flores, entre otros aspectos.<sup>(11,12,13)</sup>
- Midiendo un conjunto de propiedades, algunas de las cuales, como las organolépticas (olor, color, tamaño de partícula, presencia de elementos impropios tales como plásticos, vidrio, etc.) pueden evaluarse sensorialmente, mientras que las propiedades físicas, químicas y biológicas (densidad, porosidad, aireación, pH, conductividad eléctrica, nutrientes, metales pesados, contaminación bacteriológica, etc.), normalmente se determinan en el laboratorio.<sup>(14,15,16)</sup>

### **Vermicompostaje**

El vermicompostaje es proceso de biooxidación, descomposición y estabilización la materia orgánica mediante la actividad de lombrices de tierra y microorganismos, en el cual se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina denominado vermicompost, lombricompost, compost de lombriz o humus de lombriz Mendoza D<sup>(7)</sup>.

El vermicompost es el material biológico resultante del proceso de descomposición de los residuos orgánicos mediante la actividad de lombrices de tierra principalmente las del género *Eisenia*, la más utilizada es la lombriz roja de California (*Eisenia foetida*). Este se lleva a cabo en camas, sobre las cuales se colocan los residuos orgánicos como sustrato para la lombriz. Las materias orgánicas son transformadas por esta especie mediante su ingesta y excreta, en un compost rico en nutrientes y en microorganismos, condiciones que hacen asimilables para las plantas elementos minerales como fósforo, calcio, potasio, magnesio y los microelementos.<sup>(17,18)</sup>

### *Avances históricos del proceso de vermicompostaje*

La primera referencia de los beneficios del vermicompostaje, entendido como el uso de lombrices para la eliminación de residuos orgánicos, fue aportada por el monje benedictino Augustus Hessing en los años 30 del siglo pasado, cuando utilizaba lombrices para la eliminación de los residuos orgánicos producidos en el monasterio.<sup>(19,20)</sup> A mediados de la década de los 40 comenzó el desarrollo de la cría intensiva de lombrices con el fin de obtener vermicompost o humus de lombriz. Inicialmente se utilizó la especie *Eisenia foetida*, también conocida como lombriz roja californiana, la cual posteriormente, y por razones de crianza, reproducción y variedad de residuos orgánicos que ingiere, ha resultado ser la lombriz más adecuada para los procesos de vermicompostaje y sistemas de lombricultura.<sup>(21,22,23)</sup>

El uso del vermicompostaje fue una práctica común en el antiguo Egipto donde se las consideraban “los intestinos de la tierra”. Se sabe que esta actividad comenzó en los EEUU de América a finales de los años 40 e inicios de la década de los 50, posteriormente llegó a Europa con un desarrollo importante en Italia. En América Latina inició su desarrollo en los 80, estableciéndose con éxito en países como Ecuador, Cuba, Chile y Perú. En la actualidad, ésta actividad se desarrolla en forma exitosa en toda América Latina, EEUU y las Islas Caribeñas Martínez C<sup>(8)</sup> y Larco E<sup>(9)</sup>.

### *Sistema y técnica de elaboración de vermicompost*

Los procesos de vermicompostaje pueden desarrollarse a diferentes escalas, dependiendo de los fines científicos que se persigan Nogales R<sup>(10)</sup>. Básicamente se han establecido tres escalas:

- Escala microcosmos: los experimentos a escala microcosmos tienen como objetivo conocer la viabilidad de un residuo orgánico problema, sólo o acondicionado, como alimento para las lombrices, y seleccionar aquellos como sustratos más idóneos para ser vermicompostados a escala mayor. Los experimentos se realizan bajo condiciones controladas de temperatura y humedad y generalmente se han utilizado como receptáculos placas Petri de diferente tamaño.<sup>(24)</sup>
- Escala laboratorio o mesocosmos: el objetivo es dar información sobre las bases científicas del proceso del vermicompostaje y sobre la viabilidad de la utilización de nuevos residuos orgánicos, solos o mezclados con otros, y seleccionados en la escala de microcosmos, para su biodegradación por la acción combinada de lombrices y microorganismos. Las condiciones ambientales en estos procesos están controladas, manteniéndose constantes la humedad y temperatura y suelen ubicarse en cámaras especiales para este fin.<sup>(25)</sup>
- Generalmente el tipo de receptáculo que se utiliza es un tubo cilíndrico y abierto de PVC, de diferente diámetro y altura. En la base se introduce una fina esponja ajustada al fondo para facilitar el drenaje. Sobre la esponja se deposita el residuo orgánico a ensayar y sobre él una capa de aclimatación

constituida por vermicompost maduro; material en el que son introducidas las lombrices. Por último, el receptáculo es tapado, superior e inferiormente, con una tela la cual tenía pequeños orificios para facilitar el intercambio de gases y el drenaje del agua en exceso.<sup>(26)</sup>

- Escala piloto o macrocosmos: el objetivo de esta escala es desarrollar, optimizar y monitorizar el proceso de vermicompostaje bajo condiciones ambientales y a gran escala que permita su transferencia al sector empresarial. Además, generar abonos o enmiendas orgánicas rentables susceptibles de ser utilizados en el sector agrícola o como regeneradores/bioremediadores de suelos. En los sistemas no continuos, se utilizan literas entre 1 y 2 m<sup>2</sup> ligeramente inclinadas (5 %) para facilitar el drenaje. El residuo problema se coloca en el centro, y a ambos lados se coloca un cordón de amortiguación (vermicompost maduro) donde se realiza la inoculación de lombrices.<sup>(27,28)</sup>

En los sistemas continuos se utilizan reactores (4-8 m<sup>2</sup>) en cuya base se coloca una capa de estiércol maduro, el cual es inoculado con lombrices epigeas. Periódicamente, el reactor es alimentado con el residuo problema.<sup>(29)</sup>

#### *Materias primas utilizadas en el proceso de vermicompostaje*

El sustrato se elabora con remanentes de cosecha o desechos domésticos, además broza, estiércoles de caballo, cabra, conejo, bovino y gallinaza, a pesar de que se utilizan materias frescas, siempre será importante el pre compostaje y colocar capas de no más de 10 cm para prevenir el calentamiento en la cama. De usarse estiércoles se deberán mezclar con residuos ricos en carbono como broza de café, aserrín, granza y remanente de frutas, para buscar una relación C/N óptima para el proceso y cuidando siempre que la humedad sea la indicada, alrededor de un 70 %.<sup>(30)</sup>

Es importante recalcar que el pre compostaje se hace con la finalidad de eliminar patógenos humanos y fitopatógenos, por lo que se debe alcanzar temperaturas de alrededor de 65 °. El proceso se debe llevar a cabo con una humedad óptima en la mezcla, por lo que si es necesario se debe agregar agua, sin excesos. De esta manera, el pre compostaje se debe mantener con volteos semanales de al menos 22 días, una vez cumplido este período se debe bajar el montículo para su enfriamiento.<sup>(31,32)</sup>

#### **Crecimiento y desarrollo de los cultivos**

El crecimiento es definido generalmente como un incremento irreversible en las dimensiones de la planta (Di Benedetto et al.<sup>(11)</sup>). Así, Fontúrbel et al.<sup>(12)</sup> lo describen como un fenómeno de incremento de la biomasa, por los procesos de división celular y síntesis de proteínas que aumentan el tamaño del organismo.

En este sentido Martínez et al.<sup>(13)</sup> hace alusión al crecimiento como un aumento de tamaño, a medida que crecen los organismos multicelulares a partir del cigoto, no sólo aumentan en volumen, sino también en peso; número de células, cantidad de protoplasma y complejidad.

De tal manera que es considerado por Brukhin<sup>(14)</sup> como el aumento del volumen y / o masa de las plantas con o sin formación de nuevas estructuras como órganos, tejidos, células u orgánulos celulares.

Los aumentos de volumen (tamaño) a menudo se cuantifican en forma aproximada midiendo la expansión en solo una o dos direcciones, como longitud (altura del tallo), diámetro (de una rama, tronco) o área (de una hoja). Las mediciones de volumen, pueden ser no destructivas, de modo que es posible medir varias veces la misma planta.<sup>(33)</sup>

Suele determinarse a través de la acumulación de peso, las variaciones en altura o diámetro, o los cambios en el área foliar.<sup>(34)</sup>

El crecimiento suele ser asociado con el desarrollo (especialización celular y tisular) y la reproducción (producción de nuevos individuos).<sup>(35)</sup>

#### **Fases de crecimiento de los cultivos**

Para Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) 1990 el crecimiento y el desarrollo ocurren en dos fases: vegetativa y reproductiva. El período de crecimiento que ocurre tan pronto como la semilla germina hasta la etapa en que la planta está lista para florecer es lo que se considera la etapa vegetativa. El período desde la floración hasta la cosecha de la fruta es la etapa reproductiva, es el período de maduración o la fase adulta cuando la planta es capaz de reproducirse.<sup>(36)</sup>

La etapa final de la vida de una planta se llama senescencia, aunque también se refiere a la etapa terminal de hojas, semillas, flores o frutos. La senescencia es el proceso de envejecimiento cuando los cambios son irreversibles y provocan la muerte de la planta o parte de la planta. En los cultivos de raíces, bulbos y tubérculos, la fase reproductiva se reemplaza por la fase de desarrollo del órgano de almacenamiento. Solo nos interesa el crecimiento vegetativo de las verduras de hoja, a menos que se cultiven para obtener semillas. En los cultivos de leguminosas, cucurbitáceas y solanáceas, nos interesa la etapa reproductiva, pero la etapa vegetativa es igualmente importante porque las hojas producen los carbohidratos y otros compuestos que apoyan el crecimiento de las flores, frutos y semillas.<sup>(37)</sup>

### Desarrollo de los cultivos

En las plantas se distinguen dos fenómenos fundamentales: el crecimiento y el desarrollo. El desarrollo, se refiere a la diferenciación que sufren las estructuras producidas durante el crecimiento para producir un organismo adulto. Este empieza en una etapa temprana, cuando el embrión se divide para formar la semilla. Esta semilla permanece en reposo (latencia) hasta que encuentre las condiciones necesarias para germinar (estas condiciones son muy variables, y dependen del tipo de planta). Una vez que la semilla ha encontrado condiciones óptimas de desarrollo empieza a movilizar sus reservas energéticas y a romper las cubiertas que protegen al embrión. El paso clave en esta fase es la inhibición, proceso por el cual los coloides de las células absorben agua y activan los procesos metabólicos celulares.<sup>(38)</sup>

Por su parte, Segura J<sup>(15)</sup> define desarrollo como el conjunto de eventos que contribuyen a la progresiva elaboración del cuerpo de la planta y que la capacitan para obtener alimento, reproducirse y adaptarse plenamente a su ambiente. De igual forma, indica que comprende dos procesos básicos: crecimiento y diferenciación. El término crecimiento denota los cambios cuantitativos que tiene lugar durante el desarrollo, mientras que la diferenciación se refiere a los cambios cualitativos. Por lo tanto, el desarrollo puede definirse como el conjunto de cambios graduales y progresivos en tamaño (crecimiento), estructura y función (diferenciación) que hace posible la transformación del cigoto en una planta completa.<sup>(39)</sup>

### Cultivo de ají

El ají o pimiento es una planta perenne, pero se cultiva comercialmente como si fuera anual, ya que en esta última forma es mucho más rentable. La clasificación de los *Capsicum* cultivados es difícil debido a la falta de características distintivas entre ciertas especies. Se conocen cinco (5) especies en cultivo: *Capsicum annum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*.<sup>(16)</sup>

### Sistema radical

El ají o pimiento se caracteriza por poseer una raíz primaria corta pero muy ramificada. Las raíces secundarias pueden extenderse hasta 1,20 m., de diámetro y la mayoría de las raíces se localizan entre 5 y 40 centímetros de profundidad.<sup>(16)</sup>

### Tallo y hojas

Aunque se considera al ají como una planta herbácea, tiene la particularidad de que su parte inferior es leñosa. Puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro, erecto y con altura variable según la variedad (mayormente de 0,30 - 1,2 m).<sup>(16)</sup>

Esta planta posee una ramificación pseudodicotómica, siempre con una más que otra (la zona de unión de las ramificaciones provoca que éstas se rompan con facilidad). Este tipo de ramificación hace que el ají tenga forma umbelífera "angular".<sup>(40)</sup>

Las hojas del ají son simples, alternas, con limbo oval-lanceolado de bordes lisos, color verde oscuro y pecíolos comprimidos.

### Flores

Están localizadas en los puntos donde se ramifica el tallo, encontrándose en número de 1-5 por cada ramificación. Generalmente en las variedades de fruto grande se forma una sola flor por ramificación y más de una en las de frutos pequeños.<sup>(16)</sup>

Las flores son hermafroditas, con 6 sépalos que forman un cáliz persistente, 6 pétalos y 6 estambres. Poseen ovario súpero, el cual puede ser bi o trilobular y el estigma en la mayoría de los casos está a nivel de las anteras, lo que facilita la autopolinización. En la mayoría de las variedades de fruto pequeño el porcentaje de autofecundación es alto, superando generalmente a las de fruto grande.

### Fruto

El fruto consiste en una baya con 2-4 lóculos, los cuales forman cavidades inferiores con divisiones visibles en el caso de ajíes alargados, pero no en los redondeados. La constitución anatómica del fruto está representada básicamente por el pericarpio y la semilla.<sup>(16)</sup>

El pericarpio posee un mesocarpio con un espesor de aproximadamente 1 mm, con textura algo seca en frutos dulces. El desarrollo del pericarpio es mejor cuando la mayor parte de los óvulos han sido fecundados, lo que contribuye a una mejor forma de los frutos. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformados.<sup>(41)</sup>

Existe una diversidad de formas y tamaños en los frutos, pero generalmente se agrupan en redondeados y alargados, con peso variando desde escasos gramos hasta 100 gramos o más (los pesos menores corresponden mayormente a las variedades de frutos picantes y los de mayor peso a las de frutos dulces).<sup>(42)</sup>

Al llegar la madurez botánica, la coloración del fruto es mayormente rojiza, aunque también hay variedades

con frutos amarillos o anaranjados. Para fines de consumo se hacen recolecciones en madurez botánica o técnica, según los fines o usos posteriores.<sup>(43)</sup>

### Semillas

Las semillas son generalmente deprimidas, reniformes, lisas y de coloración amarillenta o blanco-amarillenta. Su peso absoluto (peso de 1000 semillas) depende de la variedad y varía desde 3,8 hasta 8g.<sup>(16)</sup>

El porcentaje de germinación generalmente es alto (95-98 %) y se puede mantener por 4-5 años siempre y cuando se mantengan bajo buenas condiciones de conservación.<sup>(44,45)</sup>

Variabes	Dimensión	Indicadores
Independiente		
Lixiviado de vermicompost	0	%
	25	
	50	
	75	
Dependiente		
Capacidad de emergencia	Plántulas emergidas	nro
Crecimiento	Altura	cm
	Longitud de la raíz	cm
Desarrollo	Número de hojas	nro
	Diámetro de la hoja	cm
	Diámetro del tallo	mm

### CONCLUSIONES

El estudio sobre el efecto del lixiviado de vermicompost en el cultivo de ají (*Capsicum annum* L.) permitió reafirmar la importancia del enfoque agroecológico dentro de los sistemas de producción hortícola, especialmente en las fases tempranas de desarrollo vegetal. Se concluyó que el uso de abonos orgánicos, y en particular del vermicompost líquido, contribuyó de manera significativa a la mejora de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual repercutió positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de ají en vivero.

Desde una perspectiva fisiológica, el lixiviado de vermicompost favoreció la emergencia de plántulas, incrementó la altura, longitud de la raíz, número de hojas y diámetro del tallo, lo que evidencia su potencial como bioestimulante natural. Estos resultados estuvieron asociados a la presencia de nutrientes esenciales, microorganismos benéficos y compuestos hormonales (como auxinas, giberelinas y citoquininas) que se generan en el proceso de vermicompostaje mediante la acción de lombrices y microorganismos aerobios.

Además, se determinó que el vermicompostaje, por su carácter de bajo impacto ambiental, representa una alternativa viable frente al uso intensivo de fertilizantes sintéticos, cuyas consecuencias negativas han sido ampliamente documentadas. En ese sentido, se demostró que los residuos orgánicos tratados adecuadamente pueden transformarse en insumos de alto valor agrícola, accesibles y sostenibles, promoviendo la autosuficiencia de los pequeños y medianos productores.

El vermicompost líquido no solo cumplió una función nutricional, sino que también mejoró la estructura del sustrato, aumentó la retención de humedad y propició un entorno favorable para el desarrollo radicular, facilitando así un trasplante más temprano y exitoso. Estas características son fundamentales en viveros donde se requiere obtener plantas con características óptimas en el menor tiempo posible.

Finalmente, se resaltó la necesidad de seguir promoviendo investigaciones que profundicen en la relación entre tipos de residuos, condiciones de compostaje y su impacto en diferentes cultivos, con el fin de optimizar las formulaciones de lixiviados y adaptar su uso a diversas realidades agroclimáticas. El vermicompost se perfiló como una herramienta clave para avanzar hacia una agricultura más sustentable, resiliente y comprometida con la salud del suelo, la seguridad alimentaria y la conservación del entorno agrícola.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Agricultura orgánica. 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>
2. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Elaboración de abonos orgánicos. 2018. Disponible en: <https://inta.gob.ni/project/elaboracion-de-abonos-organicos/>
3. Cajamarca D. Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. Cuenca: Universidad de

Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2012. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>

4. 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.

5. Garro J. El suelo y los abonos orgánicos. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA); 2016.

6. Mosquera B. Abonos orgánicos: protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. FONAG-USAID. 2010. Disponible en: [https://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos\\_org\\_nicos\\_-\\_protegen\\_el\\_sue](https://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos_org_nicos_-_protegen_el_sue)

7. Mendoza D. Vermicompost y compost de residuos hortícolas como componentes de sustratos para la producción de planta ornamental y aromática. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. 2010. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/8685?show=full>

8. Martínez C. Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo. Texcoco, México: Lombricultura Técnica Mexicana; 1996.

9. Larco E. Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en plátano. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 2004. Disponible en: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4776?show=full>

10. Nogales R. Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 2010. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/4.-Rogelio-Nogales.-Vermicompostaje.pdf>

11. Di Benedetto A, Tognetti J. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Rev Investig Agropecu*. 2016;ISSN 1669-2314.

12. Fontúrbel F, Achá D, Mondaca D. Manual de introducción a la botánica. La Paz, Bolivia: Editorial Publicaciones Integrales; 2007.

13. Martínez D, Torres J. Manual teórico: fisiología vegetal. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología. 2013. Disponible en: <https://www.academia.edu/5198464/>

14. Brukhin V, Morozova N. Plant growth and development - basic knowledge and current views. *Math Model Nat Phenom*. 2011;6(2):1-53.

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

16. Fundación de Desarrollo Agropecuario. Cultivo de ají. Boletín N° 20. Santo Domingo, República Dominicana: Fundación de Desarrollo Agropecuario INC; 1989.

17. Ansorena J, Batalla E, Merino D. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. *Insurumen Eta Nekazal Laborategia*. 2014. Disponible en: [https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/140711evaluar\\_compost\\_ansorena](https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/140711evaluar_compost_ansorena)

18. Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA). Uso y manejo de abonos orgánicos. Fondo de Cooperación Chile-México. 2017. 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)

19. Arias F. El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica. Caracas: Editorial Episteme; 2012.

20. Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC). Vegetable production training manual. Tainan, Taiwán: AVRDC Publication; 1990.

21. Domínguez J, Lazcano C, Brandon M. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. *Acta Zool Mex.* 2012;26(2):359-71.
22. 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).
23. 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.
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. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/44832>
25. 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.
26. Martínez D, Torres J. Manual teórico: fisiología vegetal [Internet]. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología. 2013. 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)
27. 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.
28. 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.
29. Moreno A, Rodríguez N, Reyes J, Márquez C, Reyes J. Comportamiento del chile Húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompostarena bajo condiciones protegidas. *Rev Fac Cienc Agrar.* 2014;46(2):97-111.
30. Monge A. Evaluación del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate y chile dulce mediante seis sustratos y tres métodos de fertilización. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2007. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/60991235.pdf>
31. Mundarain S, Coa M, Cañizares A. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce. *Rev UDO Agrícola.* 2005;5(1):62-7.
32. Organización Mundial de la Salud (OMS). Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura. Ginebra: OMS. 1992. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39175>
33. Palella S, Martins F. Metodología de la investigación cuantitativa. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL); 2017.
34. 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.
35. 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.
36. Rosario M, Camacho C. Apuntes de metodología de la investigación. Santa Bárbara de Zulia, Venezuela: Dirección de Publicaciones UNESUR; 2015.
37. Santiago A, Nahuat J. Efecto de la dosificación del lixiviado de lombriz (*Eisenia foetida*) en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*). México: Instituto Tecnológico de la Zona Maya. 2016. 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)
38. Solomon E, Berg L, Martín D. *Biología.* México: Cengage Learning; 2014.

39. Solórzano A. Efecto de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento (*Capsicum annuum*). Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias. 2019. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3848>
40. 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.
41. Trevisan S, Ornella F, Quaggiotti S, Serenella N. Humic substances biological activity at the plantsoil interface. *Plant Signal Behav*. 2010;5(6):635-43.
42. Valadez L. Producción de hortalizas. México: Limusa, S.A.; 1998.
43. Vázquez E, Teutscherová 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.
44. Yuni J, Urbano C. Técnicas para investigar: recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación. Argentina: Editorial Brujas; 2014.
45. Zambrano J. Efecto del vermicompost sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo sistema protegido. Ecuador: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica. 2018. Disponible en: <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/1277/1/EFFECTO%20DEL%20VERMICOMPOST%20SOBRE%20EL%20CRECIMIENTO%20Y%20RENDIMIENTO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20PIMIENTO%20%28Capsicum%20annuum%20L.%29%20BAJO%20SISTEMA%20PROTEGIDO.pdf>

#### **FINANCIACIÓN**

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

#### **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.

*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.