

¿Las lombrices de tierra tienen potencial biotecnológico?

Diana **Ortíz-Gamino**
Josefat **Gregorio**
Isabelle **Barois**

La biotecnología hace referencia al uso de organismos vivos o sus derivados para crear o modificar productos o procesos en beneficio de diversas áreas como la agricultura, la medicina o la industria. Desde los inicios de la humanidad, la biotecnología se ha practicado de manera empírica, por ejemplo, las cruzas hechas en la agricultura, al hacer pan o bebidas fermentadas. Actualmente, la biotecnología involucra la combinación del conocimiento generado por la biología (celular y molecular), la ecología, la química, la genética, la toxicología y la ingeniería, entre otras disciplinas.

La mayoría de las aplicaciones biotecnológicas para el medio ambiente y la agricultura se han orientado al uso de bacterias y hongos para remediación de suelos, biocontrol de patógenos, la generación de biofertilizantes y biocombustibles, así como la producción de compuestos orgánicos (ONU, 1992; Oliart-Ros y cols., 1992,). Sin embargo, existen otros organismos que se utilizan en menor proporción para propósitos biotecnológicos. Tal es el caso de las lombrices de tierra que han sido objeto de estudio de investigación básica, pero al conocer más sobre su ecología y fisiología se han desarrollado procesos tecnológicos con ellas.

Las lombrices de tierra y sus efectos en el suelo son conocidos desde la antigüedad. Aristóteles las llamó “los intestinos de la tierra”, ya que literalmente mueven la tierra a través de sus intestinos. Darwin (1881) reconoció el papel importante de estos organismos en los ecosistemas a los que incluso les dedicó su último libro: “La formación de la capa vegetal a través de la acción de las lombrices”.

La diversidad de lombrices no se conoce del todo, se estima que existen alrededor de 6,000 especies en el mundo y que pueden medir de 1 cm hasta 2 m de longitud. De acuerdo con la actividad que realizan, el desplazamiento en la horizontal y los hábitos alimenticios, las lombrices de tierra se clasifican en tres grupos funcionales: epigeas, endogeas y anélicas. En el primero se agrupan las lombrices de superficie, aquellas que se mantienen en los primeros centímetros del suelo y se alimentan de materia orgánica en descomposición. En este grupo se encuentran las especies de lombrices de tierra que se usan en lombricompostaje, así como aquellas que llegan a los montones de materia orgánica agrupada en el patio. Por otro lado, las endogeas viven dentro de los 30 cm de profundidad y se alimentan de materia orgánica y suelo (geofagia), construyen bioestructuras en estas profundidades, por lo que, cuando se encuentran presentes, cambian las propiedades físicas, químicas y bióticas del suelo. Finalmente, las anélicas son lombrices de tierra que tienen comportamientos de los dos grupos anteriores y se alimentan de materia orgánica en la superficie, pero son capaces de enterrarse a una profundidad de 1 m, tienen nidos y galerías permanentes y se encuentran sobre todo en zonas templadas (Lavelle y cols., 1997; Fragoso y Rojas, 2014).

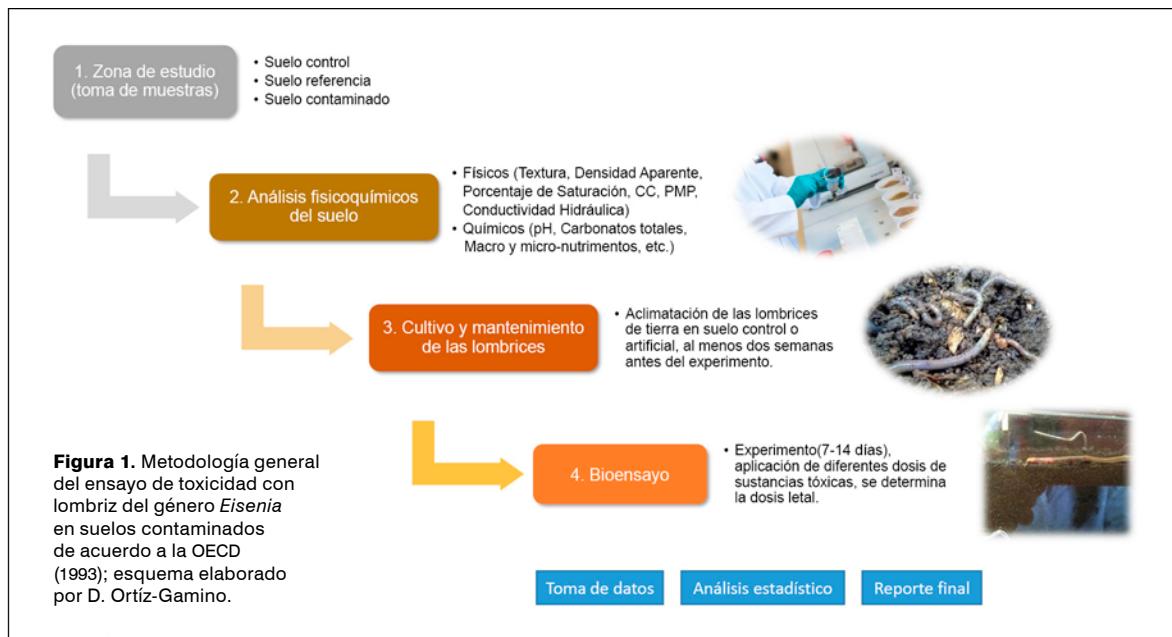
Las lombrices de tierra se conocen como ingenieros del ecosistema, debido a la actividad que realizan en el suelo como la producción de excretas, la construcción de galerías y cámaras (bioestructuras) recubiertas por su mucus cutáneo o intestinal. Más recientemente se les ha mencionado como ingenieros bioquímicos o químicos por la

modificación de la diversidad, abundancia y actividad de otros organismos que viven en el suelo como bacterias, hongos, nematodos, colémbolos, entre otros, también por la transformación de la materia orgánica que ingieren (Medina-Sauza y cols., 2019).

Todas las lombrices de tierra tienen una interacción obligada con bacterias y algunas especies de hongos. Por lo que el tracto digestivo de la lombriz y los microorganismos simbióticos han sido comparados con un biorreactor; es decir, un sistema donde ocurren procesos de bioxidación, reducción y estabilización de la materia orgánica y del suelo. Son estos procesos que realizan las lombrices de tierra los que se han aprovechado para la elaboración de lombricomposta, la biotecnología más conocida, con al menos 35 años de práctica en México (Aranda-Delgado y cols., 2011). Además del lombricompostaje, hay otras aplicaciones biotecnológicas que involucran a las lombrices, tales como bioindicadores ambientales, complementos alimenticios, paquetes biotecnológicos para el crecimiento de plántulas y remoción de metales pesados e hidrocarburos.

LOMBRICOMPOSTAJE

El lombricompostaje es el proceso para obtener materia orgánica estabilizada (humus, lombricomposta, biofertilizante), lixiviado o té de lombricomposta y los metabolitos producidos por los microorganismos y la propia lombriz de tierra. Los productos finales que se obtienen del lombricompostaje son las excretas de lombrices de tierra epigeas, las cuales se generan a partir de que las lombrices consuman la materia orgánica como estiércol, restos de podas, comida o pulpa de café. Entre las lombrices de tierra que se usan para el lombricompostaje, las más usadas son *Eisenia andrei* y *Eisenia fetida*, mal llamadas “roja californiana”, ya que su origen es europeo. Sin embargo, en México existen otras especies de lombrices de tierra epigeas con potencial para actividades de lombricompostaje, entre ellas están *Perionyx excavatus*, *Lumbricus rubellus*, *Eudrillus eugeniae* y *Dichogaster*



annae (Martínez, 2006), que tampoco son originarias de México.

Los efectos directos en las plantas al aplicar lombricomposta son muy conocidos. Hay un mayor número de hojas y frutos, el tamaño de la planta aumenta, así como el sistema radicular es más abundante. Entre los efectos indirectos que se conocen se puede mencionar la inhibición de patógenos por el aumento de la actividad de los organismos benéficos para las plantas como bacterias, hongos, colémbolos y nematodos. Además de lo anterior, los compuestos orgánicos contenidos en la lombricomposta (polisacáridos, antibióticos, enzimas, moléculas promotoras de crecimiento entre otros), benefician de manera indirecta al crecimiento de las plantas.

De tal manera que todo este conocimiento sobre el efecto de la lombricomposta en las plantas ha sido aplicado para diversos semilleros y cultivos frutales (fresa, cítricos, melón, papaya y plátano), hortalizas (tomate, chile, lechuga, brócoli, ajo, maíz, frijol), ornamentales (petunia, geranio, caléndula y crisantemo) y especies forestales (acacia, eucalipto, álamo, pino, liquidámbar) (Adhikary, 2012).

Hay también un efecto directo de la lombricomposta sobre las propiedades del suelo, ya que se incorpora gran cantidad de materia orgánica,

bacterias y hongos por lo que hay una “restauración” o modificación de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo. Sin embargo, los primeros cambios después de su aplicación son en retención de la humedad por el aporte de materia orgánica. Sin embargo, también por la secreción viscosa rica en polisacáridos que se desprende del cuerpo de todas las lombrices, las sales y los nutrientes que se concentran y el pH se neutraliza, cambiando finalmente las comunidades bacterianas y fúngicas (Aranda-Delgado y cols., 2011; Medina-Sauza y cols., 2019).

Durante el proceso de lombricompostaje es necesario mantener la humedad por encima del 60 %, por lo que se agrega agua constantemente. El lixiviado es el líquido que escurre del área de lombricompostaje, tiene una combinación de macro, micronutrientes, microorganismos y moléculas que son acarreados por el agua y que pudieran tener un efecto en corto tiempo en las plantas o en el suelo, por lo que se ha utilizado como biofertilizante líquido. En la ciudad de Xalapa, Veracruz, los lixiviados de lombricomposta casera se han usado como un pegamento biodegradable para unir cáscara de coco con la que se elaboran

macetas, obteniéndose un recipiente biodegradable con una vida útil de aproximadamente dos años (El Portal.Mx).

CRECIMIENTO DE PLANTAS

Las lombrices de tierra junto con otros organismos del suelo hacen disponibles los nutrientes del suelo para el crecimiento y productividad de las plantas. Por ejemplo, las lombrices de tierra endogeas, al consumir el suelo y construir galerías, favorecen que el agua se infiltre más fácilmente en el suelo, además de permitir una mejor aireación y retención de la humedad. Así, las lombrices de tierra no solo favorecen una mayor disponibilidad de nutrientes de rápida asimilación para las plantas, sino que, la presencia de estas modifica los recursos y condiciones del suelo que incluso pueden impactar en el control de los depredadores que atacan a las raíces de las plantas, a través de estimular el desarrollo de bacterias promotoras de crecimiento.

Una población de lombrices de tierra en una hectárea puede ingerir de 400 a 1,500 toneladas de suelo por año, por lo que su presencia en el suelo tiene un impacto importante (Medina-Sauza y cols., 2019).

Pontoscolex corethrurus es una especie tropical que se ha utilizado con la finalidad de incrementar el crecimiento de plántulas, ya que es de amplia distribución en el mundo y puede ser usada en los lugares donde ya se encuentra. Se ha visto un efecto positivo en las especies *Quercus insignis* (roble blanco) y *Mucuna pruriens* (mucuna). Dichos efectos dependen de muchos factores, entre ellos el tipo de suelo y la variedad de planta a utilizar. Sin embargo, se ha visto que en general, el efecto que tiene esta lombriz de tierra radica en el impacto que tiene en el sistema radicular y, por ende, en la planta completa.

Es importante mencionar que *P. corethrurus* se ha probado sus efectos benéficos en el crecimiento de algunas especies de plantas, como maíz (*Zea mays*), vainilla (*Vanilla planifolia*), achiote (*Bixa*

Orellana), guayaba amazónica (*Eugenia stipitata*) y té negro (*Camellia sinensis*), convirtiéndola en una lombriz sumamente interesante para la biotecnología (Cooper, 2010).

BIOINDICADORES

Otro uso que se ha dado a las lombrices de tierra es el de bioindicadores; se emplean para correlacionar factores ambientales y densidad poblacional, presencia o ausencia de ciertas especies, rasgos morfométricos, composición de comunidades, acumulación de elementos en el cuerpo de estos organismos, y así, emitir algunas generalizaciones del ambiente.

Dicha utilidad de las lombrices como bioindicadores se debe a que estas poseen una alta sensibilidad a los cambios a las propiedades físicas, químicas y biológicas, o a los procesos que ocurren en el suelo. Ya que su cuerpo está constituido en gran parte por agua, la humedad es un factor determinante en la vida de estos organismos. Su respiración es cutánea, lo cual la hace muy sensible a la

© Aída Ortega. *Te pido*, 2017.



presencia de sustancias tóxicas y con posibilidad de absorción por contacto con su piel o por ingestión.

En general, hay tres categorías de bioindicadores: los ecológicos, los ambientales y de biodiversidad. Las especies que se usan como indicadores ecológicos son aquellas que son sensibles a la contaminación, la fragmentación del hábitat o algún otro tipo de estrés (Gerhardt, 2002). En esta categoría se pueden considerar a las especies de lombrices de tierra nativas, tales como *Balanteodrilus pearsei*, *Diplotrema murchiei*, *Protozapotecia aquilonalis* y *Lavellodrilus parvus*, quienes viven en las regiones tropicales de México. De todas ellas, solo con *Balanteodrilus pearsei* se ha hecho investigación cuantitativa como indicador ecológico (Fragoso y Rojas, 2014).

En el caso de los indicadores ambientales, son aquellas especies de lombrices de tierra que sirven para monitorear las mudanzas en el ambiente mediante la detección de cambios en la composición del suelo, de tal forma que estas especies de lombriz de tierra se han usado como centinelas, detectores, acumuladores u organismos de

bioensayo. En el último caso, se han empleado las especies *E. andrei* y *E. fetida* como organismos de bioensayo para monitorear la toxicidad de algunos compuestos como metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos (Cooper y Roch 2003).

Para estos ensayos los métodos de prueba se estandarizaron en 1993, 1998 y 2007 por la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD), con algunas modificaciones (Figura 1).

Además del suelo de referencia que posee características fisicoquímicas similares al sitio contaminado, pero sin contaminación, ahora también se usa un sustrato sintético como un suelo de referencia. Esto ayuda a llegar a conclusiones más cercanas a lo que ocurre en la realidad; es decir, lo que ocurre en el suelo contaminado con respecto al suelo sin contaminación (ISO, 1993; Marrero y cols., 2018).

Al hacer estas pruebas exclusivamente con *E. fetida* y *E. andrei*, que son epígeas y que no ingieren suelo, se ha explorado la opción de usar especies endogeas, ya que estas últimas sí se alimentan del suelo.

Finalmente, los indicadores de biodiversidad han sido utilizados para evaluar parámetros o variables de la biodiversidad; por ejemplo, la riqueza de especies y endemismos, parámetros genéticos como la diversidad alélica y la heterocigosidad, así como las relaciones especies-poblaciones o comunidades-ecosistemas (Gerhardt, 2002). Este tipo de trabajo con lombrices de tierra se ha realizado en menor proporción si se compara con su uso como bioindicadores ecológicos y ambientales. Sin embargo, la evaluación de la diversidad con lombrices de tierra tiene su mérito en que son trabajos complejos e involucran el esfuerzo de muestreo necesario para tener organismos representativos de una comunidad. Sin embargo, las comunidades de lombrices de tierra están integradas en promedio por 6 especies de lombrices de tierra y con un máximo de 15 a 20 especies, lo cual hace posible su estudio, a diferencia de una comunidad de hormigas donde puede haber más de 200 especies diferentes.



© Aída Ortega. *Interestelar*, 2016.

Debido a que las lombrices de tierra están compuestas de un 50-70 % de proteína en base seca, además de minerales, particularmente Hierro (Fe) y Calcio (Ca), aminoácidos esenciales y ácidos grasos, las lombrices de tierra pueden ser usadas como complemento alimenticio para cría de peces, gallinas y otros animales domésticos; el harina de lombriz de tierra tiene un olor semejante a la de pescado.

Actualmente esta actividad es derivada del lombricompostaje, por lo que las especies más usadas son las *Eisenia spp*, por lo que, además de obtener el abono orgánico, se alimenta a las gallinas con una fuente proteica de bajo costo. En México se han realizado muy pocos esfuerzos para elaborar harina a partir de lombrices de tierra. Esto se debe a que el proceso es largo, ya que es necesario cumplir con las normas de inocuidad; es decir, que el producto esté libre de sustancias y organismos dañinos para la salud humana. Las limitantes para que este producto sea un complemento alimenticio para humanos se deben principalmente a los prejuicios que existen alrededor del consumo del mismo y la poca o casi nula investigación que hay al respecto en este país (Sales, 1996).

En algunas otras regiones del mundo, por ejemplo en China, las lombrices de tierra forman parte de la medicina tradicional debido al conocimiento heredado de generación en generación. Actualmente se está estudiando de manera fina el sistema inmune que poseen las lombrices de tierra y el contenido proteico de su tejido, lo cual ha llevado a la producción de unos fármacos como la *Lumbrokinase*, nombre del compuesto activo, que es una enzima con actividad fibrinolítica aislada de *Lumbricus rubellus* y es usada para prevenir o tratar enfermedades cardiovasculares o cardíacas. Otras proteínas que están en proceso de investigación y que fueron aisladas de *E. fetida* son las fetidinas, proteínas termolábiles, multifuncionales y responsables de citólisis, reacción antibacteriana y coagulación



© Aída Ortega. *Susurros*, 2018.

que también podrían ser promisorias en el tratamiento de ciertos cánceres (Cooper y Roch, 2003).

REFLEXIÓN FINAL

En este documento enlistamos varias aplicaciones con fines prácticos y biotecnológicos que tienen las lombrices de tierra, particularmente en el sector agrícola y de manejo de residuos. En el sector salud y farmacéutico las lombrices de tierra pueden usarse como modelos de estudio y, además, como fuente de sustancias activas para tratar ciertas enfermedades. Los mecanismos de la regeneración celular y de tejidos no han sido completamente abordados, pero algunas especies de lombrices de tierra son capaces de regenerar parte de su cola y tienen ciclos de vida más cortos y menos complejos que los organismos que son modelos de regeneración celular, como el axolotl.

Otro dato de interés y que podría profundizarse más para fines prácticos en sector salud es que los seres humanos y las lombrices de tierra comparten alrededor de 220 genes conservados.



© Aída Ortega. *Pensamiento*, 2017.

En conjunto, la importancia que tienen las lombrices de tierra desde la perspectiva evolutiva y ecológica es sumamente interesante. Siendo organismos tan ancestrales como los moluscos y, por ende, con un genoma que ha transitado por una serie de ambientes, desde los más extremos hasta las condiciones más conservadas, cada vez son más los estudios que toman como modelo a estos organismos por su gran importancia biológica y las posibilidades que ofrecen en tantas aplicaciones de numerosas áreas de la ciencia.

REFERENCIAS

- Adhikary S (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences* 3(7): 905-917
- Aranda-Delgado E, Barois I, Santos BM and Hernández Castellanos B (2011). Vermicomposting, research and activities in Mexico En. Edwards CA, Arancon NQ, Sherman R (Ed). *Vermiculture Technology, Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management* (pp. 507-532), CRC Press. Boca Ratón, USA.
- Avendaño-Yáñez ML, Ortiz-Ceballos Ál, Sánchez-Velásquez LR, Pineda-López M R and Meave JA (2014). Synergic effect of *Mucuna pruriens* var. *Utilis* (Fabaceae) and *Pontoscolex corethrurus*

(Oligochaeta, Glossoscolecidae) on the growth of *quercus insignis* (fagaceae) seedlings, a native species of the mexican cloud forest. *Open Journal of Forestry* 4(1):1-7.

Cooper EL (2010). Earthworms: Harnessing one of nature's cancer killers. *Oncology NEWS International, News & Analysis* 19(7):21-23.

Cooper EL and Roch P (2003). Earthworm immunity: a model of immune competence. *Pedobiologia* 47:676-688.

Fragoso C y Rojas P (2014). Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85:S197-S207.

Gerhardt A (2002). Indicator species in biomonitoring. En *Support systems* (ed. UNESCO) Encyclopedia of Life, EOLSS Publishers, Oxford, UK.

ISO, International Organization for Standardization (1993). Soil quality –effects of pollutants on earthworms– Part 1: determination of acute toxicity using artificial soil substrate and part 2: determination of effects on reproduction ISO 11268-1. Geneva, Switzerland.

Lavelle P, Bignell D, Lepage M, Wolters V, Roger P, Ineson P, Heal OW and Ghillion S (1997) Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33:159-193.

Marrero O, Aguilera E, Castañedo Z, Hernández R, Meneses-Marcel A y Mederos YY (2018). Evaluación de la toxicidad del Vitrofural® en agar sobre lombriz de tierra. *Biotecnología Vegetal* 18(1):31-36.

Martínez C (2006). *Ficha técnica Lombricultura*. SAGARPA. Texcoco, Edo. México.

Medina-Sauza RM, Álvarez-Jiménez M, Delhal A, Reverchon F, Blouin M, Guerrero-Analco JA, Cerdán CR, Guevara R, Villain L and Barois I (2019). Earthworms Building Up Soil Microbiota, a Review. *Frontiers in Environmental Science* 7:81.

Oliart-Ros RM, Manresa-Presas A y Sánchez-Otero MG (2016). Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico. *Ciencia UAT* 11(1):79-90.

ONU, Organización de las Naciones Unidas (1992). Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992. Recuperado de: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>.

Sales F (1996). Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento. Perú. *Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana* 8(2):77-90.

Diana Ortíz-Gamino

Núcleos de Investigación Indígena Aplicada (NIIAP)
Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas
diana.gamino@gmail.com

Josefat Gregorio

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Universidad Politécnica de Tlaxcala

Isabelle Barois

Instituto de Ecología, INECOL S. A. de C. V.