# 5. La vermicultura como alternativa sustentable en zonas áridas

Jorge Alejandro Aguirre Joya*
Cristian Torres León**
David Ramiro Aguillón Gutiérrez***

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.361.05

## Resumen

La lombricultura es una práctica agroecológica en la que se crían lombrices de tierra y se obtienen productos como la lombricompost y el humus líquido que se pueden usar como fertilizantes orgánicos. Esto resulta de la descomposición de la materia orgánica por parte de la lombriz, que convierte los residuos en un abono nutritivo para las plantas. Además, estos productos pueden ser sustitutos de fertilizantes sintéticos. Se considera a la lombricultura como una práctica sustentable, ya que tiene beneficios económicos, sociales y ambientales. En zonas áridas la lombricultura podría ser una alternativa sustentable, ya que el humus líquido y el vermicompost que genera puede usarse para cultivos o plantas que están en suelos con pocos nutrientes y con escasez de agua. Especialmente, la lombricultura podría implementarse con fines de autoconsumo o de comercio local en zonas rurales, donde las prácticas agrícolas son poco tecnificadas y no usan o usan muy pocos agroquímicos.

Un caso de referencia es el lombricario del Centro de Investigación y Jardín Etnobiológico de la Universidad Autónoma de Coahuila, localizado en Viesca, Coahuila. En este jardín a las plantas se les agrega el humus líquido y la lombricompost que se obtienen de este lombricario, El objetivo

* Doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Profesor de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Coahuila, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6298-4207
** Doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Profesor titular de la Universidad Autónoma de Coahuila, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1614-5701
*** Doctor en Ciencias Biológicas. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Coahuila, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2519-8928

de este trabajo es exponer la experiencia obtenida en este jardín, pues podría ser una estrategia sustentable para otros modelos de aprovechamiento de los recursos vegetales en zonas áridas.

**Palabras clave:** *lombricompost, lombricultura, sustentabilidad, zonas áridas.*

## Las lombrices

Las lombrices de tierra son oligoquetos (*Oligochaeta*) del filo Annelida. Tienen una piel húmeda con glándulas sensoriales y un cuerpo dividido en varios segmentos, por lo que se les llama gusanos segmentados. Los segmentos internos se llaman metámeros, los cuales tienen una cavidad llamada celoma. Por fuera, cada segmento está marcado por uno o varios anillos (*annellum* en latín), de ahí el nombre de anélidos (Huerta-Lwanga *et al.*, 2012).

En el suelo, las lombrices cavan y forman galerías a través de movimientos de contracción que hacen con sus cuerpos; de este modo, facilitan la circulación de aire, agua y nutrientes en el suelo. Esto mantiene el suelo en las condiciones ideales para que se desarrolle la vegetación, además de que




*(a)* *(b)*

Figura 5.1. *Lombrices rojas rayadas o también llamadas lombrices de California* (Eisenia fetida) *(a)* Lombriz con una parte de su cuerpo sobre la tierra. *(b)* Lombriz con el cuerpo enrollado sobre la tierra

Fuente: David Ramiro Aguillón Gutiérrez.

contribuye a que los componentes de la materia orgánica se reciclen y se reincorporen a los ciclos biogeoquímicos. Las lombrices, además, contribuyen a que el suelo se mantenga adecuado para que las raíces de las plantas puedan crecer adecuadamente al aumentar su capacidad de retener humedad. La lombriz roja rayada (*Eisenia fetida,* Savigny) es ampliamente utilizada en los sistemas de lombricompost (figura 5.1) (Huerta-Lwanga *et al.*, 2012, Darwin, 2011).

## Las zonas áridas

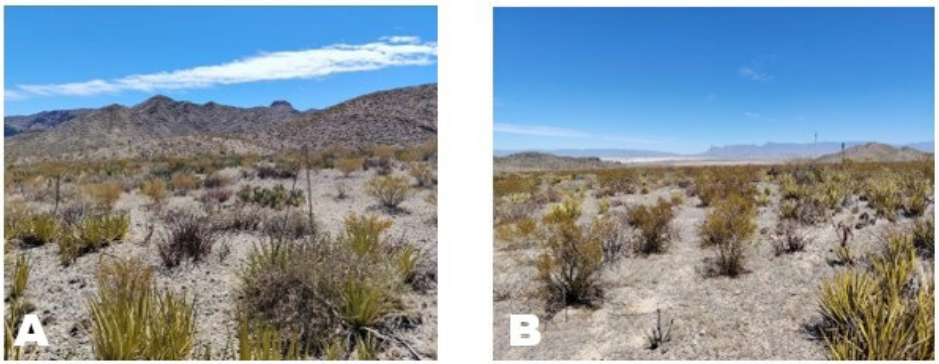
En general, se considera desierto o zona árida una región con características como las siguientes: baja pluviosidad (<90 a 500 mm de precipitación anual), bajo contenido de humedad del suelo, baja humedad atmosférica, suelo desnudo, salino y seco, con movimientos de aire mayores que en climas húmedos, pequeñas perturbaciones ciclónicas y altas temperaturas diurnas (Cloudsley-Thompson, 1977; Leopold, 1979; Hernández, 2006; Granados-Sánchez *et al.,* 2012; León-de la Luz et al., 2013; Saygin, 2017). Durante el día, el desierto absorbe el 90 % de la radiación solar que calienta el suelo y la capa inferior del aire, ya que las partículas de polvo y las nubes solo se desvían 10 %, mientras que, por la noche, el calor acumulado durante el día se pierde, ya que el 90 % de ese calor se escapa a las capas superiores de la atmósfera (Cloudsley-Thompson, 1977; Leopold, 1979; Hernández, 2006; Granados-Sánchez *et al.,* 2012; León-de la Luz et al., 2013; Saygin, 2017).

Existen diferentes criterios para clasificar los desiertos, por ejemplo, el criterio geomorfológico, según el tipo de suelo, el criterio basado en la precipitación y la temperatura, criterios geográficos, criterios biológicos y agrícolas, entre otros. En general, las zonas áridas se clasifican en zonas extremadamente áridas o hiperáridas, áridas y semiáridas. El potencial biológico de los desiertos se ve gravemente limitado por la escasez de agua; por ejemplo, la vegetación xerofítica está adaptada a esta condición. Los desiertos son ecosistemas actualmente amenazados, ya que actividades antropogénicas, como la ganadería (sobrepastoreo), la agricultura, la introducción de especies exóticas, la contaminación, el cambio climático y la sobreexplotación

de los recursos naturales, los ponen en grave peligro, promoviendo la desertificación y formando áreas que carecen de los elementos naturales de los desiertos (Cloudsley-Thompson, 1977; Saygin, 2017).

## Las zonas áridas y semiáridas de México

Si consideramos que más del 60 % de la República Mexicana se encuentra entre los 20° y 40° de latitud norte, gran parte de su superficie está sujeta a condiciones áridas, que varían regionalmente debido a un conjunto de factores físicos y biológicos (Granados-Sánchez *et al.*, 2012). Según Miranda (1955), existe una estrecha relación entre el clima y la vegetación que determina las condiciones de un lugar. Las regiones áridas y semiáridas del país presentan una riqueza florística y faunística favorecida por la variedad de ambientes, desde aquellos influenciados por la franja global de zonas áridas hasta aquellos influenciados por las franjas tropicales (Granados-Sánchez *et al.*, 2012). Esto permite la identificación de nueve regiones áridas en México: Sonorense, Chihuahuense (figura 5.2), Hidalguense, Poblana, Tamaulipeca, Guerrerense, Tehuantepeca, Veracruzana y Yucateca (Miranda, 1955).




*(a)* *(b)*

Figura 5.2. *Paisajes del desierto chihuahuense. (a) Vista del paisaje con montañas de fondo y con plantas nativas. (b) Vista del paisaje con plantas nativas*

Fuente: David Ramiro Aguillón Gutiérrez.

## La sustentabilidad

La sustentabilidad o sostenibilidad se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. Implica un equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. En esencia, se trata de usar los recursos de manera responsable y consciente, evitando que se agoten o que se dañe el ecosistema (Enkerlin *et al.*, 1977, Díaz-Coutiño *et al.*, 2009).

Actualmente, muchos procesos están transitando hacia la sustentabilidad; eso significa que deben considerar los tres aspectos básicos del desarrollo sustentable: el crecimiento económico, el bienestar social y el cuidado del ambiente. Particularmente, en zonas áridas es prioritario que los procesos de producción alcancen la sustentabilidad, ya que algunos recursos naturales, como el agua o los nutrientes del suelo, son escasos (Enkerlin *et al.*, 1977, Díaz-Coutiño *et al.*, 2009).

En el caso de la lombricultura, se cumple con los criterios de sustentabilidad, pues los productos derivados de ella, como el vermicompost y el humus líquido, generan ingresos económicos. Esto, a su vez, genera bienestar social y, además, no requiere cantidades importantes de agua, no necesita productos químicos sintéticos y no exige espacios grandes; todo esto favorece el aspecto ambiental.

## La vermicultura, el vermicompost y sus beneficios

Según Sinha *et al.* (2010), la vermicultura o lombricultura es una práctica agroecológica, también considerada ecotecnia, que mediante la cría y producción de lombrices permite transformar los residuos orgánicos en abonos y proteínas. Es también una alternativa para mitigar y eliminar el uso indiscriminado de recursos naturales y el manejo inadecuado de residuos agrícolas, domésticos e industriales. Además, esta biotecnología limpia es una herramienta efectiva para la reconversión de residuos orgánicos biodegradables. La tecnología de lombricultura se está consolidando como una tecno-

logía ambientalmente sostenible, económicamente viable y socialmente aceptable en todo el mundo.

Los beneficios de la lombricultura se pueden clasificar de la siguiente manera: (1) tecnología de vermicompostaje (para gestionar la mayoría de los residuos orgánicos), (2) tecnología de vermifiltración (para tratar aguas residuales municipales e industriales), (3) tecnología de vermirremediación (para tratar y sanear terrenos contaminados), (4) tecnología de vermiagroproducción (para producir alimentos orgánicos sin químicos mediante lombrices y vermicompostaje), (5) tecnología de producción vermiindustrial (para producir valiosas materias primas industriales a partir de lombrices).

Sonko *et al.* (2018) consideran la lombricultura como la base futura para ecosistemas agrícolas resistentes a las presiones antrópicas y se debe prestar especial atención a la lombricultura en el desarrollo de la agricultura alternativa. Su esencia es el uso de la lombriz de tierra para obtener, a partir de diversas sustancias orgánicas, un fertilizante ecológico (biohumus) que contiene un conjunto completo de macroelementos y oligoelementos para las plantas agrícolas.

El proceso de lombricultura podría ser una iniciativa ecológica para el manejo de biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ya que estos presentarán características de abonos orgánicos, los cuales pueden ser usados para cultivos no agrícolas de tipo ornamental y recuperación forestal (Chávez-Porras *et al.*, 2011).

La lombricultura también resulta ser un sistema sustentable en la producción de café, ya que se acelera el proceso de descomposición de la pulpa y mucílago de café y la lombricompost obtenida se usa en huertas y viveros como abono (Dávila *et al.*, 1996). También se puede aplicar la lombricultura en sistemas de producción bovina, ya que el estiércol de bovino precomposteado en un biodigestor es apto como alimento para la lombriz (Coss y León et al., 2015).

## Importancia del vermicompost

En el intestino de la lombriz se realizan diversos procesos digestivos que incluyen la trituración, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimá-

tico y microbiano de la materia orgánica consumida por la lombriz, lo que da como resultado una degradación acelerada de los residuos y la obtención de abonos orgánicos con alto contenido de nutrientes. En México, la especie más utilizada con este fin es *E. fetida*, conocida comúnmente como "lombriz roja de California". El lombricompost se puede aprovechar como abono orgánico; su costo de producción es casi nulo y trae beneficios ambientales importantes al ayudar no solo como abono, sino a mejorar las características físicas del suelo (Schuldt *et al.*, 2007; De Gante Cabrera, 2013; Carrillo-Cando *et al.*, 2024).

El vermicompostaje y la vermifiltración son procesos naturales de gestión de residuos que se basan en el uso de lombrices para convertir los residuos orgánicos en compuestos estables que enriquecen el suelo. El vermicompost de lombriz de tierra es un promotor y protector del crecimiento para los cultivos. Es rico en nitrógeno, potasio y fósforo, micronutrientes, microbios beneficiosos del suelo como bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfato, hongos micorrícicos, humus y hormonas del crecimiento como auxinas, giberlinas y citoquininas. Presenta una porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de agua muy altas. También protege a las plantas contra diversas plagas y enfermedades, ya sea suprimiéndolas o repeliéndolas, o induciendo resistencia biológica en ellas. Se ha comprobado que la presencia de lombrices vivas en el suelo influye significativamente en el desarrollo y la calidad de las frutas en cultivos hortícolas y frutales. Las lombrices y el vermicompost pueden impulsar la producción hortícola sin la necesidad de agroquímicos. Esto proporcionará diversos beneficios sociales, económicos y ambientales a la sociedad al producir alimentos seguros, nutritivos y saludables (ricos en minerales y antioxidantes) para las personas. El uso de vermicompost mejora la fertilidad del suelo y previene su erosión y compactación En experimentos con cultivos de maíz, trigo, tomate y berenjenas, se observaron excelentes resultados de crecimiento en términos de altura de las plantas, color y textura de las hojas, apariencia de flores, frutos y espigas en comparación con los fertilizantes químicos y el compost convencional. Asimismo, se observa una menor incidencia de plagas y enfermedades y una menor demanda de agua para riego en las plantas cultivadas con vermicompost (Bajsa *et al.*, 2003; Sinha *et al.*, 2013). Estos resultados, en específico el hecho de que en los cultivos donde se utilizó

la vermicompost hubo una menor demanda de agua, demuestran que esta técnica es ideal para aplicarse en ambientes áridos.

El vermicompost como biofertilizante puede ser una excelente opción para el abonado de estanques, ya que no causa daños a largo plazo al suelo, como ocurre con los fertilizantes químicos. Además, hay una mayor capacidad de retención de agua en el suelo de los estanques y las lombrices producidas se utilizaron como alimento para peces. La unión de la lombricultura y la piscicultura es un modelo de bajo costo que integra dos sistemas de producción y podría ser una opción comercial y ambientalmente viable (Ghosh, 2004).

La aplicación del vermicompost en suelos agrícolas actúa como acondicionador y ayuda a mejorar sus propiedades físicas, biológicas y químicas. La producción de vermicompost también es un proceso económicamente productivo, ya que reduce los residuos en origen y, en consecuencia, ahorra espacio en los vertederos; además, es una fuente de ingresos adicionales y contribuye al equilibrio ambiental (Hussaini, 2013; Kalita *et al.*, 2017).

## Las lombrices como bioindicadores

Los bioindicadores son aquellos organismos que nos pueden dar información acerca de la calidad y salud del ambiente en el que viven. Existen organismos que son más aptos que otros para darnos información sobre la contaminación o alteración de hábitats o medios como la atmósfera, el suelo y los cuerpos de agua. El impacto antropogénico en los ambientes puede favorecer a algunos organismos (en realidad se benefician de la eliminación de competencia y de los residuos humanos) o perjudicar a otros. En aquellos organismos que se ven afectados, pueden presentarse cambios a nivel morfológico, fisiológico o conductual (De la Lanza-Espino *et al.*, 2000; González-Zuarth *et al.*, 2014).

Las lombrices también pueden ser utilizadas como bioindicadoras de la calidad y salud ambiental, ya que cumplen con algunas de las características ideales de los bioindicadores, como poder sobrevivir en vida libre (biomonitoreos) y en condiciones de laboratorio (bioensayos), estar identificadas taxonómicamente, ser inofensivas, ser de poco movimiento, no estan en

peligro de extinción y tienen tejidos que pueden analizarse para medir su capacidad de bioacumulación o bioconcentración. Derivado de esto, las lombrices pueden usarse en procesos de biorremediación o vermirremediación, como lo llaman Sinha *et al.* (2010), quienes reportan que se han utilizado las lombrices con éxito con la gestión de residuos sólidos urbanos, el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales y en la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Según estos autores, los HAP de los suelos contaminados se eliminan en más del 80 % en tan solo 12 semanas.

La vermicultura puede utilizarse en la transformación de lodos de depuradoras urbanas (incluso en aquellas con contenido de metales pesados) para luego utilizarse en cultivos agrícolas, ya que son ricos en potasio y fósforo (Delgado-Arroyo *et al.*, 2004).

En algunas ocasiones, las lombrices participan en un proceso llamado biomagnificación, en el cual un xenobiótico va aumentando su concentración conforme avanza la cadena trófica. Un ejemplo es el reportado por Byambas *et al.* (2019), donde señalan que las lombrices de tierra forman parte de la dieta natural de algunos animales de granja, como las aves de corral. Son una fuente de proteínas. Desafortunadamente, las lombrices de tierra pueden acumular algunas sustancias tóxicas presentes en el suelo y los animales que las consumen pueden contaminarse a través de ellas. Los compuestos tóxicos más comunes son metales pesados (plomo, cromo, cadmio, hierro, entre otros), pesticidas o agroquímicos (herbicidas, insecticidas, fungicidas, entre otros) y toxinas microbianas (antrácica, botulínica, colérica, entre otras).

## El lombricario del Centro de Investigación y Jardín Etnobiológico

El Centro de Investigación y Jardín Etnobiológico (CIJE) de la Universidad Autónoma de Coahuila (UA de C), localizado en el municipio de Viesca, Coahuila, cuenta con un lombricario (figura 5.3), en el que se produce humus líquido y lombricompost a partir de la lombriz roja rayada o lombriz roja californiana. Estos productos se utilizan como abonos o fertilizantes

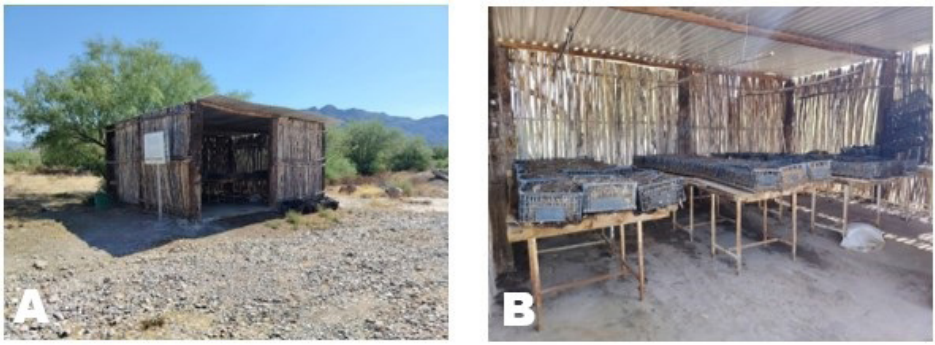
orgánicos para las plantas que se encuentran en el jardín, que actualmente rondan los 12 000 ejemplares de aproximadamente 85 especies, repartidas en más de 12 hectáreas. La gran mayoría de las plantas con las que cuenta el jardín son nativas del semidesierto de Coahuila. Gracias al lombricario se obtienen productos que favorecen el establecimiento y crecimiento de las plantas de una manera sustentable. Además, estos productos (humus líquido y vermicompost) pueden ser comercializados, donados o intercambiados por otros bienes con otras instituciones o jardines botánicos o etnobiológicos.

El lombricario, además, es importante en la parte de educación ambiental, ya que cuando se reciben visitas en el CIJE, ya sean de grupos escolares o de turistas, se les muestra el lombricario y su funcionamiento, lo que siempre genera curiosidad e interés entre las personas, sobre todo cuando ven a las lombrices. Otro aspecto a destacar es la relevancia de este sitio para la investigación científica, ya que aún hay muchas cosas que investigar sobre las lombrices de tierra y sobre la vermicultura en general.

## Metodología

El lombricario está construido con paredes de varas de ocotillo y escapos de agaves, formando una construcción bioarquitectónica, tiene techo de lámina, unas mesas de madera y, sobre ellas, cajas de reja donde está la tierra y las lombrices. A la tierra donde están las lombrices se le agrega materia orgánica como viruta de la poda de árboles como los mezquites o pinabetes, además de estiércol seco (sirre) de cabras u otros animales domésticos como ganado ovino, bovino o equino.

También cuenta con un sistema de riego por aspersión en la parte superior, así como canales al lado de las cajas y recipientes donde se va acumulando el humus líquido. Luego este humus se coloca en botellas y el vermicompost en bolsas para su almacenamiento y posterior uso dentro del jardín.




*(a)* *(b)*

Figura 5.3. *Lombricario del* CIJE. *(a)* Vista externa. *(b)* Vista interna.

Fuente: David Ramiro Aguillón Gutiérrez.

## Conclusión

La lombricultura o vermicultura ofrece una alternativa sustentable al extendido uso de fertilizantes sintéticos y agroquímicos que resultan nocivos para muchas especies benéficas y para la salud del ser humano. Tener un lombricario resulta de una relativamente baja inversión, pues no requiere supervisión permanente ni una protección especial, tampoco algún equipo o máquina sofisticada. Algunas materias primas como tierra, viruta y sirre resultan prácticamente gratuitas y requieren poca agua para su funcionamiento. Los productos obtenidos son de alto valor en el mercado y, lo más importante, son una forma de producción sustentable y pueden ser una buena alternativa para muchos productores agrícolas en zonas áridas y semiáridas.

## Bibliografía

Bajsa, O., Nair, J., K. Mathew, Ho, G. E. (2003). Vermiculture as a tool for domestic wastewater management. *Water Sci Tech* 48: 125-132.

Byambas, P., Hornick, J. L., Marlier, D., y Francis, F. (2019). Cogent vermiculture in animal farming: A review on the biological and nonbiological risks related to earthworms in animal feed. *EnvSci*. 5: 1-12.

Carrillo-Cando, L. E., Basantes-Vaca, C. V., Quiroz-Carrión, E. N., y Luis Alberto Mera-Cabezas, L. A. (2024). Potencialidades de la lombricultura, en la educación ambiental, para optimizar el aprendizaje de la química verde. *Polo Conoc*. 9(2):807-27.

Chávez-Porras, A., y Rodríguez-González, A. (2011). Análisis químico y biológico de biosólidos sometidos a sistema de lombricultura como potencial abono orgánico. *Nova* 9(15): 53-59.

Cloudsley-Thompson, J. L. (1977). El hombre y la biología de las zonas áridas. *Editorial Oris*, Barcelona.

Coss y León, M. H. J., Martin del Campo, M. C. I., Loza, L. J. A., Durand, M. L. C., Monteros, C. E., y López, A. E. (2015). Tratamiento de sustrato de bovino y producción de biogás en un biodigestor continúo con lombricultura. *E-Gnosis*. 13:1-16.

Darwin, C. (2011). La formación del mantillo vegetal. *Editorial Los Libros de la Catarata*. Madrid, España.

Dávila, M. T., y Ramírez, C. A. (1996). Lombricultura en pulpa de café. *Avances técnicos Cenicafé* 225:1-12.

De Gante Cabrera, V. H. (2013). La lombricultura: alternativa a la disposición final de residuos domiciliarios. *Elementos* 89: 43-46

De la Lanza-Espino, G., y Hernández-Pulido, S. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). *Plaza y Valdéz*, S.A. de C.V., México.

Delgado-Arroyo, M. M., Porcel-Cots, M. A., Miralles De Imperial-Hornedo, R., Beltrán-Rodríguez, E. M., Beringola-Beringola, L., y Martín-Sánchez, J. V. (2004). Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos. *Rev Int Contam Amb*. 20 (2): 83-86.

Díaz-Coutiño, R., y Escárcega-Castellanos, S. (2009). Desarrollo sustentable, una oportunidad para la vida. *McGraw-Hill,* México:

Enkerlin, E. C., Cano, G., Garza, R. A., y Voguel, E. (1997). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. *International Thomson* Editores, 690 p.

Ghosh, C. (2004). Integrated vermi-pisciculture––an alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. *Bioresource Tech*. 93: 71–75.

González-Zuarth, C., Vallarino, A., Pérez-Jiménez, J. C, y Low-Pfeng, A. M. 2014. Bioindicadores guardianes de nuestro futuro ambiental. *Editorial ECOSUR* México.

Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. A., y López-Ríos, G. F. (2012). Ecología de los desiertos Del mundo. *Editorial Universidad Autónoma Chapingo*, Texcoco, México

Hernández, M. H. (2006). La vida en los desiertos mexicanos. Colección La Ciencia para Todos, 213, *Fondo de Cultura Económica*. Ciudad de México.

Huerta-Lwanga, E., López-Argoytia, L. (2012). Lombrices, las ingenieras de la tierra. *Editorial ECOSUR*, México.

Hussaini, A. (2013). Vermiculture bio-technology: An effective tool for economic and environmental sustainability. *Afr J Env Sci Tech*. 7(2): 56-60.

Kalita, R. R., Das, M. D., y Bora, S. (2017). Knowledge, attitude and practices of farmers towards vermiculture technology. *Indian Res J Ext Edu*. 17 (4): 78-82.

León-de la Luz, J. L., Blázquez-Moreno, M. C., y Ortega-Rubio, A. (2013). ¿Qué se mueve en el Desierto? Historias del matorral sarco caule. *Editorial Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste* S.C. La Paz, Baja California Sur, México.

Leopold, A. S. (1979). El desierto. Colección de la Naturaleza de Life en Español. *Editorial Offset Multicolor*.

Miranda, F. (1955). Formas de vida vegetales y el problema de la delimitación en las zonas áridas de México. In*:* Mesas redondas sobre problemas de las zonas áridas de México. *Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables* México, DF. p. 87.

Morales, P. N. B., Garavito, N. J. Z., y Chávez, P. A. (2010). Implementación de un proceso biotecnológico: lombricultura como tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Rev Acad Virt*. 3(1): 137-47.

Saygin, S. D. (2017). Strategies to enhance sustainability of land resources in arid regions. In: Arman H, Yuksel I, editores. Arid environments and sustainability. 1 ed. Viena. *IntechOpen*. p. 4-20.

Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L. A., y Mayo, J. P. (2007). Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie. *REDVET* 8(8):1-10.

Sinha, R. K., Agarwal, S., Chauhan, K., Chandran, V., y Soni, B. K. (2010). Vermiculture technology: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin for scientific use of earthworms in sustainable development programs. *Tech Invest*. 1: 155-172.

Sinha, R. K., Hahn, G., Singh, P. K., Suhane, R. K., y Anthonyreddy, A. (2011). Organic farming by vermiculture: Producing safe, nutritive and protective foods by earthworms (Charles Darwin's friends of farmers). *Am J Exp Agric* 1(4): 363-399.

Sinha, R. K., Soni, B. K., Agarwal, S., Shankar, B., y Hahn, G. (2013). Vermiculture for organic horticulture: Producing chemical-free, nutritive & health protective foods by earthworms. *Agricult Sci*. 1(1): 17-44 Sonko SP, Vasilenko OV, Sukhanova IP, Shchetyna MA, Hurskiy IM. 2018. Vermiculture as an important component of ecologically tolerant agricultural ecosystems. *Ukr J Ecol*. 8(4): 236-242.