

OBTENCIÓN DE BIOFERTILIZANTES CON POTENCIAL USO BIORREGULADOR POR MEDIO DE LOMBRICOMPOSTA A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL ITSNCG

Daniel Gerardo Bencomo Trejo
Daniel Corral Gallegos

RESUMEN

La lombricomposta es una biotecnología utilizada para la descomposición controlada de residuos orgánicos generados como subproducto las actividades humanas. En el presente trabajo se reportan evaluaciones preliminares del diseño, construcción e implementación de camas o lechos a nivel piloto para la producción de lombricomposta líquida empleando residuos orgánicos generados en el Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes [ITSNCG]. La lombriz utilizada fue *Eisenia foetida*. Los residuos orgánicos seleccionados que se generan en el instituto fueron: desperdicio de cocina y de jardinería. El diseño y construcción fue satisfactorio permitiendo recolectar eficazmente los lixiviados de lombricomposta o biofertilizantes. Se obtuvieron dos tipos de biofertilizantes denominados HT-micro y HB-plus, este último procede del HT-micro por fermentación. Se realizó un análisis químico y microbiológico para evaluar la calidad de ambos biofertilizantes, encontrando que contienen los macronutrientes NPK y microorganismos antagónicos de fitopatógenos. Estos biofertilizantes podrían ser también utilizados como biorreguladores. Esta biotecnología nos permitirá solucionar problemas generados por acumulación de residuos orgánicos, con la ventaja de obtener beneficios económicos y ambientales.

PALABRAS CLAVE:

Lombricomposta, biofertilizante, *Eisenia foetida*, residuos orgánicos.

INTRODUCCIÓN

En México se producen grandes cantidades de residuos sólidos urbanos [RSU], de los cuales aproximadamente el 50% corresponde a RSU de tipo orgánico [RSUTO] proveniente de desperdicios de comida, jardines y materiales orgánicos similares (SEMARNAT, 2013).

La FAO (2011) señala que el manejo de los desperdicios sólidos es uno de los grandes desafíos ambientales globales, debido al incremento en la población y la urbanización. Asimismo, mencionan que en los países de bajos ingresos económicos, la generación de RSUTO se relaciona principalmente con las limitaciones económicas y de gestión de las técnicas de aprovechamiento. Con relación a este tipo de residuos [RSUTO], Gutiérrez et al. (2007), mencionan que son los menos utilizados o recolectados, debido a la falta de disponibilidad de tecnología viable para su económico manejo o reciclaje.

Se ha demostrado que la vermicomposta es una biotecnología utilizada en la descomposición controlada aerobia de diferentes tipos de desperdicios orgánicos, como: Estiércol de ganado, desperdicios de cocina, desperdicios o residuos agrícolas, lodos y fibras de la industria textil, granos de café, papel y servilletas de cocina (Adi y Noor, 2009; Garg et al., 2006; Singh y Sharma, 2002; Warman y AngLopez, 2010).

Cabe señalar, que debido a la gran cantidad de elementos químicos presentes en los residuos sólidos orgánicos, principalmente N, P y K (Jeyabal y Kuppuswamy, 2001; Tejada, et al., 2008), estos son de gran interés para su reutilización o reciclaje en la agricultura, horticultura y mejoradores de suelos (Gutiérrez, et al., 2007; Tejada, et al., 2008; SEMARNAT, 2013). En este sentido se ha prestado gran interés en determinar procesos de reciclaje más eficientes y económicos, para que sea accesible o rentable para los agricultores (Gutiérrez et al., 2008).

Además, se ha demostrado que la lombricomposta contiene microorganismos con propiedades antagónicas frente a cultivos afectados por fitopatógenos (Samaniego-Gaxiola, 2008, Cervantes-Martínez et al., 2010; Layton et al., 2011).

En el presente trabajo se diseñó, implementó un proceso para la elaboración de lombricomposta y obtención de dos tipos diferentes de humus de lombriz o biofertilizantes en el Instituto tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes [ITSNCG]. Además se

realizó una caracterización química y microbiológica de los biofertilizantes obtenidos para evaluar su calidad y potencial uso como biorreguladores.

JUSTIFICACIÓN

La elevada producción de Residuos sólidos de tipo orgánico, aunado a que no se les da ningún tipo de tratamiento y no se obtiene beneficio de ellos, es un problema económico, ambiental y social. Por lo que es importante contar con un proceso que permita su adecuada disposición, como es la elaboración de lombricomposta, aportando ventajas tales como: mitigación del impacto ambiental negativo; reducción de agentes patógenos; eliminación de olores no deseados; y disminución de gases de efecto invernadero. Además de producir un biofertilizante con potencial uso biorregulador ante fitopatógenos en cultivos de importancia agrícola de la región.

METODOLOGÍA

Obtención de los desperdicios orgánicos: se obtuvieron de los residuos orgánicos generados en el ITSNCG, los cuales fueron desperdicios de cafetería y jardinería. Obtención de lombriz: La lombriz utilizada fue la lombriz roja californiana [*Eisenia foetida*], la cual se obtuvo de una empresa dedicada a la lombricultura denominada “Tierra Nueva” en la ciudad de San Ignacio Cerro Gordo, Jalisco. Diseño de las camas o lechos: el diseño se realizó empleando el programa solidworks. El diseño se basó en la observación de procesos de elaboración de lombricomposta realizado por lombricultores de la región de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. El diseño consta de una estructura de madera que forma las paredes de aproximadamente 2 m [largo] x 1 m [ancho] y 0.48 m [altura] y de una plancha de cemento en el fondo de la cama con una pequeña inclinación lateral que lleva a un tubo de polivinilcloruro [PVC] ranurado que facilita la recolección del lixiviado [figura 1; inciso A]. Del diseño se pasó a la construcción e implementación de la elaboración de lombricomposta. Las camas están mantenidas bajo sombra mediante una estructura metálica cubierta por maya sombra y lonas que funcionan como techo y paredes, respectivamente. Elaboración de lombricomposta; obtención de biofertilizante HT-micro: La materia orgánica generada por el ITSNCG se pre-composteo durante 30 días. Luego, se distribuyó equitativamente entre las 4 camas. Entonces se incorporaron

6 kg de pie de cría de lombriz en cada cama. La duración del experimento fue de 60 días, a partir de que se sembró la lombriz. Se llevaron a cabo ciclos de riego de 1 minuto cada tres días. El agua empleada en este proceso fue agua proveniente de la planta tratadora de agua de la junta municipal de agua y saneamiento [JMAS] de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. Los lixiviados o humus de lombriz líquido que se obtuvieron, se les denominó biofertilizante HT-micro y se almacenaron en contenedores de plástico que evitan el paso de la luz. Obtención de biofertilizante HB-plus: se partió del biofertilizante HT-micro, el cual se puso a fermentar en un contenedor de 200 litros de la siguiente manera; por cada 2 L de HT-micro se agregaron: 1 kg de humus de lombriz sólido [obtenido de las mismas camas], 0.3 kg de melaza, y 1 L de agua. Se tapó el contenedor se dejó en fermentación durante dos meses. El biofertilizante que se obtuvo de esta fermentación se le denominó HB-plus. Análisis químico de los biofertilizantes. Se analizaron ambos biofertilizantes: HT-micro y HB-plus. Se determinaron los elementos Nitrógeno [N], fosforo [P] y potasio [K]. El Nitrógeno se determinó por medio de Análisis Elemental [AE], el Fosforo y Potasio se analizaron por medio de Espectroscopia Inducida por Plasma [ICP]. Análisis microbiológico de los biofertilizantes: se tomaron dos muestras de cada biofertilizante, una para aislamiento bacteriano y la otra para aislamiento de hongos. Todas las muestras fueron sometidas a choque térmico a 80o C por 5 minutos. Análisis bacteriano: las dos muestras [HT-micro y HB-plus] se diluyeron a 10³. Se cultivaron en medio de cultivo Agar Soya Trypticaseina [TSA, por sus siglas en inglés]. Se incubaron a 37o Centígrados durante 24 horas. Se realizó análisis de morfología colonial. Posteriormente se realizó Tinción de Gram para su caracterización. Análisis micológico: ambas muestras [HT-micro y HB-plus] se les realizó una dilución de 10⁶, las cuales fueron sembradas en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa [PDA; por sus siglas en inglés] más ampicilina 300 µg/ml. Se incubaron 6 días a 28° C de temperatura. Una vez que se observó crecimiento, se realizó una resiembra para aislamiento de colonias de hongos. Luego se llevó a cabo tinción con azul de metileno para su caracterización.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Diseño e implementación de proceso de elaboración de lombricomposta; obtención de biofertilizante HT-micro

Se construyeron un total de 4 camas. Las camas fueron diseñadas y construidas de tal manera que se pueda dar la recolección de lixiviados de lombricomposta de manera práctica y eficaz, el diseño realizado en el programa Solid Works se muestra en la

Figura 1; inciso A. Luego del diseño se construyeron las camas con una estructura de madera que forman las paredes, también contiene una plancha de cemento con una caída lateral y un tubo de PVC ranurado que facilita la recolección del fertilizante, como se muestra en la Figura 1; inciso B.



Figura 1. Camas de recolección de lixiviados. A) Diseño de la cama en Solid Works. B) cama construida, donde se observa la materia orgánica en degradación [flecha con inicio de rombo] y el tubo recolector [flecha con inicio ovalado], también se observan lixiviados que posteriormente son recolectados por el tubo [flecha normal].

Las camas construidas dieron un resultado favorable en cuanto al cultivo de la lombriz y en la recolección de los lixiviados de lombricomposta, a estos lixiviados se les denominó Biofertilizante HT-micro.

El biofertilizante HT-micro es líquido espeso, con un color negro y olor a tierra húmeda sin olores pestilentes o fétidos. Estas características son similares a las especificaciones sensoriales marcadas por la norma oficial mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008, para de humus de lombriz. Lo anterior permite deducir que el HT-micro es humus de lombriz o biofertilizante. Una muestra del HT-micro se observa en la Figura 2; inciso A. Las camas de donde se obtuvo el biofertilizante se muestran en la Figura 2, inciso B.



Figura 2. En la siguiente imagen A) se muestra las características morfológicas del biofertilizante HT micro así como también las camas B) donde se produjo.

Bolzonella et al. (2005) mencionan que este tipo de práctica evitaría la acumulación de materia orgánica en depósitos masivos como los rellenos sanitarios, procesos de incineración, o tiraderos a cielo abierto. Por lo anterior la implementación de esta biotecnología en el ITSNCG, evitará la acumulación de desperdicios orgánicos en el ITSNCG con la ventaja de poder obtener beneficios económicos, ambientales y sociales.

ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE LOMBRICOMPOSTA

En el primer mes del proceso, la lombriz pasa por un periodo de estabilización y adaptación, por lo que no se obtienen lixiviados de lombricomposta con propiedades físicas de un biofertilizante. Por lo tanto la obtención de lixiviados y su medición, en términos de producción, se inició a partir de la primer semana del segundo mes. La cantidad de biofertilizante producido se evaluó semanalmente. En la Tabla 1 se muestra la cantidad de biofertilizante producido semanalmente en un periodo de tres meses posterior al mes de estabilización, es decir, los meses 2, 3 y 4 del proceso de lombricomposteo

Tabla 1. Análisis de Obtención de biofertilizante semanal por cama, de los meses 2, 3 y 4 del proceso de lombricomposteo.

	Mes 2	Mes 3	Mes 4
--	-------	-------	-------

Cama 1	20 semanales	litros	30 semanales	litros	40 semanales	litros
Cama 2	15 semanales	litros	25 semanales	litros	35 semanales	litros
Cama 3	20 semanales	litros	40 semanales	litros	60 semanales	litros
Cama 4	10 semanales	litros	20 semanales	litros	30 semanales	litros
Media	$\mu = 16.25$		$\mu = 28.75$		$\mu = 41.25$	
Desviación estándar (s)	4.1457		7.3950		11.3880	

Se graficaron las cuatro camas con los resultados obtenidos en cantidad de litros de biofertilizante obtenido en promedio de tres meses a partir del inicio de tratamiento, la gráfica se muestra en la Figura 3.

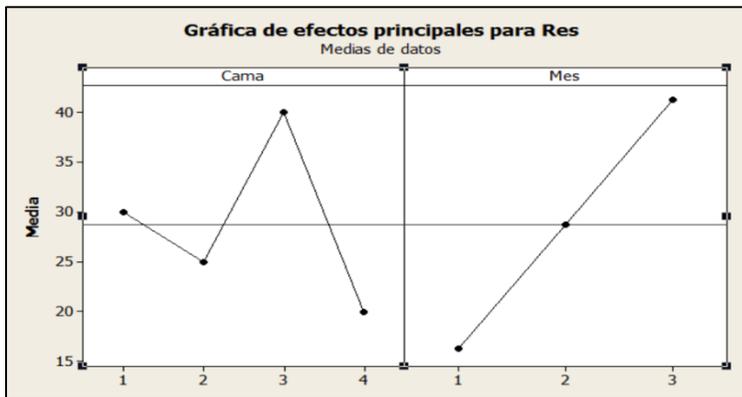


Figura 3. Gráfica de efectos principales para resultados de producción de biofertilizantes.

En la Figura 3, se muestra el incremento de producción por mes así como el avance que se tuvo por cama, con lo cual se puede mencionar que dicho proceso es viable para la producción de biofertilizante a partir lombricomposta.

Obtención de biofertilizante HB-plus

El biofertilizante HB-plus se obtuvo mediante la fermentación del HT-micro con melaza, agua, humus de lombriz sólido, en las proporciones y condiciones mencionadas en la metodología. Después de dos meses de fermentación se extrae la malta como desecho. Del proceso de fermentación se filtraron y obtuvieron 140 litros de biofertilizante por tambo de 200 litros, a este biofertilizante se le denominó HB-plus. Además de obtener el biofertilizante HB- plus líquido, se obtiene un biofertilizante de humus y levadura, denominado sustrato sólido, que es lo que queda de la filtración de la fermentación. El biofertilizante HB-plus es líquido con un color café oscuro, con poca filtración de la luz. El olor deja de ser un olor a tierra húmeda y pasa a un olor a melaza, este cambio de olor se debe a la fermentación. El biofertilizante HB-plus obtenido se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Muestra de Biofertilizante HB plus.

ANÁLISIS QUÍMICO

Se tomó una muestra de cada biofertilizante, para ser analizados con el objetivo de encontrar macronutrientes, en específico Nitrógeno, Fosforo y Potasio [NPK], elementos necesarios para el adecuado crecimiento de las plantas. En la Figura 5 se muestran los porcentajes de NPK presentes en los biofertilizantes HT-micro y HB-plus.

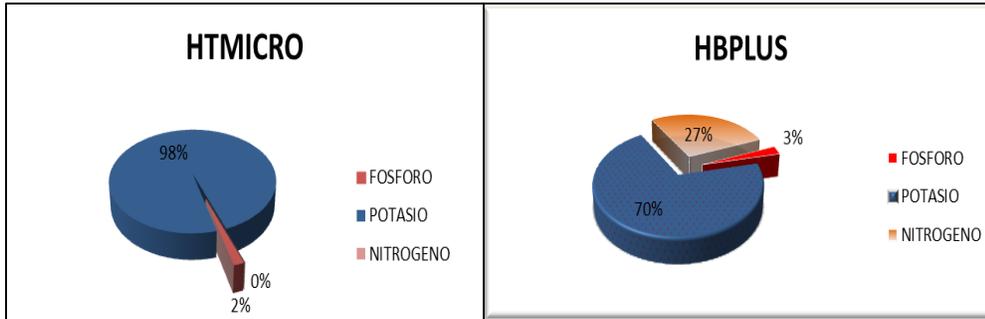


Figura 5. Porcentajes de macro nutrientes presentes en los biofertilizantes HT micro y HB plus.

Para el caso de HT-micro, no se detectó el elemento Nitrógeno. De acuerdo a las especificaciones de la norma mexicana de humus de lombriz, se esperaría presencia de estos elementos, en proporciones diferentes pero sí debería haber presencia. En este caso análisis no se detectó, se tiene como perspectiva el volver a analizar una muestra de HT-micro para confirmar los resultados.

Análisis Microbiológico:

Análisis macroscópico. En ambos biofertilizantes se logró aislar *Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp. En la Figura 6 se muestran las cajas Petri con las cepas aisladas. En la Figura 6, inciso A, se muestra medio TSA con colonias aisladas con morfología característica de *Bacillus* sp. En la Figura 6, inciso B, se muestran cepas de hongo en medio PDA más ampicilina 300 µg/ml, donde se observa morfología característica de *Trichoderma* sp.

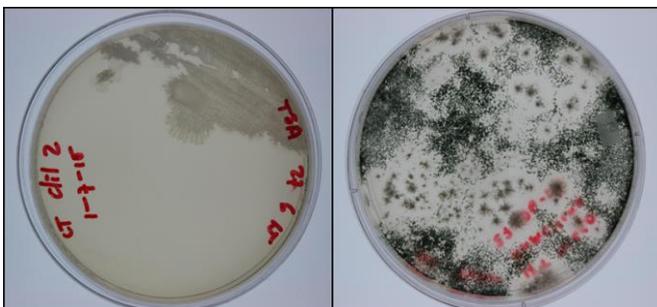


Figura 6. En la siguiente imagen se muestran las placas Petri de los diferentes cultivos. A) Medio TSA con crecimiento bacteriano morfológicamente similar a *Bacillus* sp. B)

Medio PDA más ampicilina 300 $\mu\text{g/ml}$, se observa crecimiento de hongo con características de *Trichoderma* sp.

Análisis microscópico: Se realizó tinción de Gramm a las colonias de la caja en medio TSA, encontrando bacilos Gramm positivos, confirmando presencia de *Bacillus* sp., para ambos biofertilizantes. El resultado de la tinción de Gramm se muestra en la Figura 7, inciso A. Se realizó tinción con azul de metileno a las colonias de hongos del medio PDA. Al observar la morfología microscópica, se observaron características de *Trichoderma* sp. La tinción de metileno del hongo se muestra en la Figura 7; inciso B.

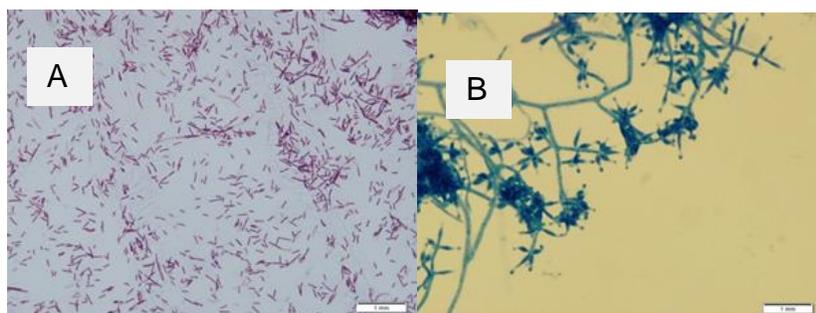


Figura 7. Caracterización microscópica. A) Tinción de Gramm y B) tinción con azul de metileno.

Se ha demostrado que *Bacillus* sp. y *Trichoderma* sp. poseen propiedades antagónicas frente a cultivos afectados por fitopatógenos, como el hongo *Phymatotrichum omnivorum*, que produce la enfermedad conocida como pudrición texana que afecta a cultivos de importancia económica de la región, por ejemplo el nogal (Samaniego-Gaxiola 2007, Cervantes-Martínez et al 2010; Layton et al 2011). Por lo tanto los biofertilizantes obtenidos en este proyecto tienen un potencial uso como biorreguladores contra la pudrición texana en nogal.

CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES

Se logró el diseño, construcción e implementación de un módulo piloto para la producción de lixiviados de lombricomposta en el ITSNCG, el cual se demostró que es un proceso viable.

Las características sensoriales de los lixiviados de lombricomposta obtenidos son propias del humus de lombriz, por lo tanto pueden ser utilizados como biofertilizantes.

Se tiene contemplado realizar un estudio de productividad para ver la rentabilidad del proceso de elaboración de lombricomposta en el ITSNCG.

Al análisis químico para HB-plus confirmó la presencia de NPK, nutrientes necesarios para el crecimiento y fortalecimiento de los cultivos agrícolas. En el caso de HT-micro se recomienda repetir el análisis para confirmar la ausencia de nitrógeno, ya que debido a las características sensoriales y a que fueron varios tipos de desperdicios orgánicos, es muy probable que si haya presencia de nitrógeno.

El análisis microbiológico demostró que los biofertilizantes HT-micro y HB-plus, contienen *Bacillus* sp. y *Trichoderma* sp., microorganismos antagónicos de fitopatógenos, por lo que tienen un potencial uso como agentes biorreguladores en cultivos agrícolas.

En posteriores trabajos se pretende realizar una caracterización del aislamiento de *Bacillus* sp. y *Trichoderma* sp. mediante análisis microbiológicos y pruebas bioquímicas, para determinar género y especie, con intención de identificar *Bacillus* sp. y *Trichoderma* sp. nativos de la región de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua.

Es necesario realizar pruebas de antagonismo in vitro de los microorganismos encontrados en los biofertilizantes ante fitopatógenos de la región para evaluar su efecto biorregulador.

En etapas avanzadas del proyecto se pretende obtener biofertilizantes, por medio de lombricomposta, con un alto contenido de nutrientes y microorganismos benéficos para los cultivos agrícolas, a su vez que sea de bajo costo y que aproveche los residuos orgánicos; logrando de esta manera contribuir al desarrollo sustentable de la región.

AGRADECIMIENTOS

A CIMAV, Chihuahua, por el apoyo brindado en la realización de este proyecto. Así como también al laboratorio de Nanotoxicología por el apoyo brindado.

BIBLIOGRAFÍA

Adi, A.J. y Noor, Z.M. (2009). Waste recycling: Utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting, *Bioresource Technology*, 100: 1027–1030.

Bolzonella, D., Pavan, P., Fatone, F. and Cecchi, F. (2005). Anaerobic fermentation of organic municipal solid wastes for the production of soluble organic compounds. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44(10), 3412–3418.

Cervantes-Martínez R., Hernandez-Hernandez V., Gonzales-Cervantes G., Favela-Chávez E., Álvarez Reyna V. P. (2010). Antagonismo de Cepas Nativas de *Trichoderma* sp. Aisladas en la Comarca Lagunera contra *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Dugger. *Rev. Agraria –Nueva Epoca*, 7: 35-40.

FAO. 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome.

Gutiérrez-Miceli, F. A., García-Gómez, R. C., Rincón-Rosales, R., Abud-Archila, M., Oliva-Llaven, M. A., Guillen-Cruz, M. J., and Dendooven, L. (2008). Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology*, 99: 6174–6180.

Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Montes Molina, J. A., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Oliva Llaven, M. A., Rincón-Rosales, R., and Dendooven, L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98: 2781–2786.

Jeyabal, A. y Kuppuswamy, G. (2001). Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice–legume cropping system and soil fertility. *European Journal of Agronomy*, 15: 153–170.

Layton C., Maldonado E., Monroy L., Corrales L. C., Sánchez L. C. (2011). *Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto como biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos. *Nova- Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*. 9: 177-187.

Norma Oficial Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008. Productos no Industrializados para uso Humano - Oleaginosas – Canola (*brassica* spp.) - Especificaciones y Métodos de prueba. Secretaría de Economía.

Samaniego-Gaxiola, J. A., (2008). Efecto del pH en la Sobrevivencia de Esclerocios de *Phymatotricopsis omnívora* (Dugg.) Hennebert Expuestos a Tilt y *Trichoderma* sp, *Rev. Mex. Fitopatología*, 26: 32-39.

SEMARNAT: semarnat home page. <http://www.semarnat.gob.mx/>

Singh, A., y Sharma, S. (2002). Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology*, 85: 107–111.

Tejada, M., Gonzalez, J.L., Hernandez, M.T., and Garcia, C. (2008). Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. *Bioresource Technology*, 99: 6228–6232.

Warman, P.R. y AngLopez, M.J. (2010). Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium, *Bioresource Technology*. 101: 4479–4483.