

USO DE RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) PARA ELABORAR ABONOS ORGÁNICOS

USE OF THE SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) AGROINDUSTRIES RESIDUES TO ELABORATE ORGANIC FERTILIZERS

Palma-López, D.J.^{1*}; Zavala-Cruz, J., Cámara-Reyna, J.C.²; Ruiz-Maldonado, E.²; Salgado-García, S.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco; área de Ciencia Ambiental-Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS; Apdo. Postal # 24; H. Cárdenas, Tabasco; C.P. 86500. ²Ingeniería Agronómica de la Universidad Popular de la Chontalpa; carretera Cárdenas-Huimanguillo km. 2; Rancho Paso y Playa; H. Cárdenas, Tabasco; C.P. 86500.

*Autor de correspondencia: dapalma@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó la calidad nutrimental de diferentes tipos de vermicompostas elaboradas con base en residuos (cachaza y bagazo) de la agroindustria de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) mezclados con diferentes fuentes de estiércol (gallina, caballo, vaca y borrego), sometidas a vermicompostaje por tres meses con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), registrando un valor de pH y materia orgánica en el rango aceptable de la norma mexicana, mientras que la conductividad eléctrica y la Relación C/N fueron superiores al rango aceptable y el nitrógeno total fue inferior a la norma. La relación % de ácidos húmicos entre % de ácidos fúlvicos (AH/AF) se registró en concentraciones elevadas en todos los tratamientos. Se evidenció que los mejores tratamientos fueron los adicionados con estiércol de borrego y vaca.

Palabras clave: Lombriz de tierra, composta, vermicomposta, cachaza, bagazo.

ABSTRACT

We assessed the nutritional quality of different types of vermicomposts made from sugar cane (*Saccharum* spp.) residues (sludge and pulp) from the agro-industry mixed with different sources of manure (hen, horse, cow and sheep), they were subjected to vermicomposting for three months with Californian red worm (*Eisenia foetida*). pH and organic matter values were found in the acceptable range of the Mexican norm, while the electric conductivity and the C/N Relation were higher than the acceptable range and total nitrogen was lower than the norm. The % relation of humic acids divided by % of fluvic acids (AH/AF) was found in high concentrations in all the treatments, evidencing that the best treatments were the ones supplemented with sheep and cow manure.

Keywords: earth worm, compost, vermicompost, sludge, pulp.

INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es un cultivo importante en México, genera divisas y mano de obra; y aun cuando sus rendimientos no son óptimos, tiene ingresos importantes para quienes realizan esta actividad (Valdez *et al.*, 2009). Por ello los suelos cultivados con caña de azúcar, en México y en el estado de Tabasco, han sido sometidos a manejo intensivo para sostener la producción; el uso excesivo de fertilizantes, la quema y mecanización son utilizados para aumentar la productividad de los suelos, lo que por consecuencia incide en la reducción de la materia orgánica del suelo, incremento de la erosión y disminución de la densidad de poblaciones microbianas benéficas para el cultivo (Ruiz, 1999; Domínguez *et al.*, 2010). Actualmente se da gran importancia al uso de alternativas que permitan recuperar los suelos, y dentro de éstas se encuentra el uso de compostas o abonos orgánicos, biofertilizantes, abonos verdes y coberteras (Pérez *et al.*, 2011). La fertilización orgánica mejora la fertilidad y productividad en el suelo, además ayuda a restablecer la biodiversidad y actividad microbiana en suelos degradados (Soto y Muschler, 2001). Los materiales orgánicos residuales, como los de cosecha y los procedentes de la agroindustria, suelen terminar en el entorno saturando las cadenas tróficas, sin embargo, éstos pueden tener un mejor destino si son sometidos a digestión y transformados en compostas (del latín *composita*: mezcla para fertilizar o renovar la tierra) (Castillo *et al.*, 2000; Arreola *et al.*, 2004). Una alternativa es la vermicomposta que implica crianza de lombrices para la producción de humus de lombriz con la finalidad de utilizar este material como abono en plantas (Reines *et al.*, 1998; Contreras *et al.*, 2001), y consiste en la oxidación de los residuos bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación, utilizando lombrices conocidas como composteras. El producto que se obtiene del compostaje se conoce como humus, éste es una excreta en forma de turrículo que se caracteriza por su aspecto similar a tierra negra y fresca, y que no desprende olores desagradables (Sánchez-Hernández, 2006; Anónimo, 2013). En el estado de Tabasco existen gran cantidad de materia orgánica excedente por actividades agrícolas, como la caña de azúcar, y pecuarias ligadas con la producción de ganado bovino, equino, ovino y avícola, los cuales no son utilizadas, esto afecta el entorno ya que son removidos con agua y van directamente a los sistemas de drenaje y cuerpos de agua (Sánchez-Hernández *et al.*, 2006). El presente estudio plantea la

utilización de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar mezclados con diferentes tipos de estiércol para la obtención de sustratos orgánicos por medio del vermicompostaje, en condiciones semicontroladas en el trópico húmedo utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental "km 21" del Colegio de Postgraduados, *Campus* Tabasco, ubicado a 21 km de la ciudad de Cárdenas, y a un costado del Ingenio azucarero Presidente Benito Juárez, en el Poblado C-27 del Plan Chontalpa, Tabasco. El clima de la región es tropical húmedo, con temperatura media anual de 26.2 °C, la media anual de precipitación de 2,240 mm, con 70% del total en verano y otoño. La humedad relativa media mensual es superior a 80% (García, 1988).

Recolecta de residuos orgánicos

En el Ingenio Presidente Benito Juárez se recolectó cachaza y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), recién salidas de la agroindustria, y hojas de cocoite (*Gliricidia sepium*) que fueron tomadas en forma fresca de los cercos vivos utilizados en los corrales y cercas de las parcelas, además de pasto Egipto (*Brachiaria mutica*). El estiércol de gallina se obtuvo en la granja del grupo "Campi" del municipio de Huimanguillo, Tabasco. La recolección se realizó después de que el material pasó un proceso de fermentación. El estiércol de borrego fue colectado en la Villa Estación Chontalpa de Huimanguillo, Tabasco. El estiércol de vaca fue recolectado del área de producción lechera del Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco y el estiércol de caballo de establos equinos.

Preparación de los sustratos

Los sustratos se secaron a temperatura ambiente por un lapso de 15 días. Posteriormente se realizaron mezclas utilizando como unidad de medida un volumen conocido constituido por una cubeta de 19 litros, la composición de las mezclas se indican en el Cuadro 1. Las mezclas se colocaron en tres contenedores (cajas) por tratamiento a manera de repeticiones. Se dejaron las mezclas en un periodo de pre-composteo sin lombrices por quince días para controlar la temperatura y homogenizarlas.

Al termino de este proceso se comenzó con la siembra de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), con

Cuadro 1. Tratamientos conformados por los diferentes residuos agroindustriales.

Tratamiento	Formulación de mezcla
T1	Estiércol de caballo (1*) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)
T2	Estiércol de borrego (1) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)
T3	Estiércol de gallina (1) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)
T4	Estiércol de vaca (1) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)
T5	Estiércol de gallina (1), caballo (1), vaca (1), borrego (1) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)

*La unidad está referida al volumen de una cubeta de 19 litros con el fin de tener una referencia práctica.

un kilogramo de lombriz adulta en cada contenedor los cuales se mantuvieron al aire libre pero protegidas con techo y mallas para evitar la entrada de depredadores (Sánchez-Hernández *et al.*, 2006). Durante el periodo de vermicomposteo se realizaron actividades de aireación removiendo las mezclas cuidadosamente, la práctica se realizó antes de la siembra de las lombrices y después cada ocho días. Se mantuvo la humedad a 80% de capacidad de campo. Durante el vermicomposteo se determinó la temperatura de las vermicompostas para evitar la fase termofílica. Se realizaron análisis de parámetros químicos al final del vermicompostaje en el Laboratorio de Suelos, Plantas y

Aguas (LASPA) del Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco (Cuadro 2).

La información obtenida de las variables fue capturada en Excel (2007). Después se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) considerando un experimento completamente al azar. Para la prueba de medias se aplicó Tuckey ($p \leq 0.05$). Los análisis se realizaron con el software Infostat Versión 2011. Para la calidad de las vermicompostas elaboradas se procedió a la comparación de medias contra los indicadores establecidos en la norma mexicana para lombricompostas (NMX-FF-109-SCFI-2008) y la norma para fertilidad de suelos (NOM-021-SEMARNAT-2000) (Cuadro 3).

Cuadro 2. Parámetros determinados al finalizar el vermicompostaje.

Determinación (unidad de medida)	Método
Nitrógeno Total (%)	Kjeldahl
Fosforo asimilable (mg kg^{-1})	Olsen
Potasio intercambiable ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	Bray y Kurtz
pH	Potenciómetro (relación 1:2)
Materia Orgánica (%)	Calcinación
Conductividad Eléctrica (dS m^{-1})	Conductímetro en pasta saturada
Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos (%)	Kononova y Belchycova (Orlov, 1995).
Relación C/N	% de carbono orgánico entre % de nitrógeno total.
Relación AH/AF	% de ácidos húmicos entre % de ácidos fúlvicos.

Cuadro 3. Especificaciones de calidad de las normas mexicanas para lombricompostas (NMX-FF-109-SCFI-2008) y de fertilidad de suelos (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Características	Valor aceptable	Norma
Nitrógeno total	De 1 a 4% (base seca)	NMX-FF109
Fosforo	5.5 a 11 mg kg^{-1}	NOM-021
Potasio	0.3 a 0.6 cmol kg^{-1}	NOM-021
Materia orgánica	De 20% a 50% (base seca)	NMX-FF109
Relación C/N	≤ 20	NMX-FF109
pH	De 5.5 a 8.5	NMX-FF109
Conductividad eléctrica	$\leq 4 \text{ dS m}^{-1}$	NMX-FF109

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de las vermicompostas (VC) obtenidas

Potencial de hidrógeno (pH).

Se registraron diferencias altamente significativas (Cuadro 4), en este caso solo el tratamiento T2, con estiércol de borrego, mostró media (6.7) estadísticamente superior al

resto de los tratamientos, los cuales tuvieron medias estadísticamente iguales. Cabe señalar que el tratamiento T2 es el que se acerca más a un pH neutro, lo cual indicaría una mejor calidad de vermicomposta (Barbados, 2004). Los valores del pH en los cinco tratamientos oscilaron entre 6.27 y 6.7, son valores aceptables ya que conforme a la norma NMX-FF-109-SCFI-2008, se encuentran dentro del rango óptimo (Cuadro 3), lo

Cuadro 4. Comparación de medias de los análisis químicos de las vermicompostas elaboradas.

Tratamientos	pH rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO %	N total %	P asim. mg kg ⁻¹	K int. cmol kg ⁻¹	C/N	Ácidos Húmicos (AH) %	Ácidos Fúlvicos (AF) %	AH/AF
T1	6.27a*	6.39a	46.99b	0.37a	1.56a	3.85a	73.48a	4.08a	0.28a	14.15a
T2	6.70b	6.07a	39.67a	0.33a	1.44a	6.12a	70.57a	4.77b	0.31a	15.34a
T3	6.30a	7.26a	47.00b	0.43a	1.94b	5.31a	63.61a	4.05a	0.29a	13.85a
T4	6.37a	5.32a	43.00ab	0.30a	1.53a	3.81a	83.14a	4.42ab	0.25a	16.97a
T5	6.30a	5.61a	43.33ab	0.37a	1.65a	4.10a	69.77a	4.39ab	0.27a	16.03a
CV (%)	1.34	16.79	4.29	14.34	5.39	29.13	12.86	4.58	12.54	13.32
Prob. F	0.006	0.245	0.0059	0.088	0.0003	0.2169	0.210	0.0076	0.4218	0.3611

*Medias con la misma literal son iguales estadísticamente (Tuckey $p \leq 0.05$).

cual concuerda con lo reportado por Durán y Henríquez (2007), Fernández *et al.* (1998) y Ferruzzi (1986).

Conductividad eléctrica (CE)

Las medias de los valores de conductividad eléctrica entre tratamientos no mostraron diferencias significativas. Los rangos variaron de entre 5.32 a 7.26 dS m⁻¹, algo similar obtuvo Sánchez-Hernández (2006), quien observó que cuando se agrega estiércol a la mezcla, la CE de las VC llega a 5 y 8 dS m⁻¹, lo cual si se compara con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), se observa que todos los tratamientos superan ligeramente lo establecido por la misma (Cuadro 3 y 4). Al respecto Berrospe (2010), menciona que al mezclar estiércol con la cachaza provoca un aumento de la CE sin importar el proceso de estabilidad (compostaje o vermicompostaje) que haya sufrido el material.

Materia orgánica (MO) y Nitrógeno total (NT)

Existió diferencia significativa entre el T2 (estiércol de borrego) con respecto a los demás ya que este presentó menor contenido de MO, el rango de las medias fue de 39.67 a 47% (Cuadro 4). Sin embargo la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), establece que el rango óptimo debe ser de 20% a 50% de MO (Cuadro 3), por lo que, los cinco tratamientos se encuentran dentro de lo establecido. Las medias de los contenidos de nitrógeno total entre los tratamientos no mostraron diferencias significativas (Cuadro 4). El rango de las medias osciló de 0.3 a 0.43%, lo cual comparado con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), donde indica que las VC deben situarse de 1% a 4%, muestra que los contenidos de nitrógeno total de todos los tratamientos son inferiores al rango óptimo.

Los datos de N total determinados no concuerdan con los de MO, ya que los valores de ésta estuvieron dentro del rango óptimo de las VC, mientras que los de N total fueron inferiores a lo deseable en un VC. En este caso es necesario agregar residuos con mayores contenidos de N (mayor cantidad de *G. sepium* por ejemplo) para mejorarlo.

Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

Las medias de la Relación C/N entre tratamientos no evidenciaron diferen-

cias significativas (Cuadro 4). Los valores variaron de 63.6 a 83.1, lo cual comparado con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), que indica que las VC deben situarse ≤ 20 , determina que la C/N de todos los tratamientos fue muy superior al rango. Salgado *et al.* (2006), indica que una relación mayor a 25 representa una inmovilización neta por lo que se carecerá de N disponible para el cultivo al agregarse al suelo. Los valores altos de C/N de las vermicompostas muestreadas resaltan la necesidad de incluir residuos con valores mayores de N para mejorar este indicador.

Fosforo asimilable (P asim.)

No se encontraron diferencia significativas entre los tratamientos T1, T2, T4 y T5; solo el T3 (estiércol de gallina) presentó diferencias significativa y tuvo la media más alta, esto difiere a los datos obtenidos por Duran y Henríquez (2007) ya que a partir de vermicomposta con estiércol de bovinos obtuvieron valores medios de 2 mg kg⁻¹, lo cual es ligeramente más alto que los valores encontrados en el experimento (de 1.53 a 1.94 mg kg⁻¹). De acuerdo a la norma NOM-021-SEMAR-NAT-2000 los cinco tratamientos registraron valores inferiores a 5.5 mg kg⁻¹ (Cuadro 3). Considerando

además que este rango está establecido para suelos minerales y en este caso se trata de un sustrato orgánico, el contenido de P asimilable es excesivamente bajo en todos los tratamientos, por lo que no se recomendarían estas vermicompostas en suelos con deficiencias de P o para cultivos altamente consumidores de este nutrimento.

Potasio intercambiable (K inter)

El potasio intercambiable varió en las vermicompostas de 3.81 a 6.12 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$, registrando el valor más alto el tratamiento con estiércol de borrego (T2), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hay diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 4). De acuerdo a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000, para suelos (Cuadro 3); los cinco tratamientos tuvieron valores considerados por esta norma como alto.

Ácidos Húmicos (AH)

Los Ácidos Húmicos se registraron en rango de 4% a 4.77%, y conforme a resultados del análisis de varianza (Cuadro 4), existió diferencia significativa entre las vermicompostas, con los valores más altos en el T2 (estiércol de borrego), T4 (estiércol de vaca) y el T5 (mezcla de estiércoles). Fernández *et al.* (1998) presentan una similitud al obtener AH en los rangos de 2.8% a 5.8% en vermicomposta con contenido de cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos y lodos de depuración de aguas residuales. A diferencia de Hernández *et al.* (2002) y Sánchez-Hernández *et al.* (2006), quienes encontraron que a partir de tratamientos con estiércol, los AH presentaron valores bajos (0.2% a 0.409%), por lo tanto los valores de este estudio podrían considerarse como muy altos.

Ácidos Fúlvicos (AF)

Los Ácidos Fúlvicos se registraron en rango de 0.25% a 0.31%, siendo el más alto el tratamiento con estiércol de borrego (T2), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Los resultados concuerdan con los datos obtenidos por Hernández *et al.* (2002) y Sánchez-Hernández *et al.* (2006), en vermicompostas a partir de desechos de plátano y estiércol, quienes reportaron rangos de 0.26% a 0.53%; y Satisha y Davarajan (2005), en sus trabajos donde emplearon compostas de cachaza reportaron concentraciones de ácidos

fúlvicos desde 0.002% hasta 14.8%, en este trabajo los cinco tratamientos probados se ubican en este rango, sin embargo, ninguno superó el 1%, por lo que los resultados obtenidos en esta investigación podrían considerarse bajos.

Relación Ácidos Húmicos-Ácidos Fúlvicos (AH/AF)

Los relación AH/AF fue de 13.85 a 16.97, siendo el más alto el tratamiento con estiércol de vaca (T4), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hubo diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 4). Estos datos difieren de Sánchez-Hernández *et al.* (2006), ya que sus vermicompostas a partir de estiércol y cachaza más bagazo tuvieron valores menores a 1; igualmente Bollo (1999), obtuvo valores de 1.4 a 2 en vermicompostas. Por lo anterior se puede considerar que las vermicompostas elaboradas presentan valores altos en este indicador.

CONCLUSIONES

La eficacia para producir vermicomposta utilizando la lombriz roja californiana (*E. foetida*) en condiciones de trópico húmedo cumplió con los parámetros de temperatura, población de lombrices que requieren las actividades de vermicomposteo. El pH y MO de los tratamientos se registraron en rango aceptable de la norma mexicana para vermicompostas, mientras que la CE y la Relación C/N de los tratamientos fueron superiores al aceptable. El N total de los tratamientos fue inferior a lo especificado por la norma mexicana, indicándonos que no hay una mineralización completa de las vermicompostas. El K intercambiable de las vermicompostas se encontró muy alto en los tratamientos conforme a la norma para suelos, mientras que el P asimilable estuvo en niveles muy inferiores conforme a la misma norma. El tratamiento que presentó valores más altos en AH y AF, fue el tratamiento con estiércol de borrego. La relación AH/AF se presentó en concentraciones elevadas en todos los tratamientos, indicando tendencia a la acumulación del carbono orgánico en las vermicompostas y por lo tanto baja mineralización de las mismas. Se considera conveniente agregar mayor cantidad de desechos agropecuarios ricos en N a las mezclas para mejorar los indicadores que se encontraron deficientes.

AGRADECIMIENTOS

A la LPII Agroecosistemas sustentables del Colegio de Postgraduados por el financiamiento parcial de este trabajo a través del Grupo MAS-CAÑA.

LITERATURA CITADA

- Arreola-Enríquez J., Palma-López D.J., Salgado-García S. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *TERRA Latinoamericana*. 22(3):351-357
- Anónimo. 2013. La Lombricultura: Biotecnología Ecológica al alcance de tus manos. Obtenido de <http://www.actiweb.es/viveloverde/lombricultura.html>. Revisado el 29 de Abril del 2013.
- Barbado J.L. 2004. Cría de Lombrices. 1ª Ed. 1ª Reimp. Albatros, Buenos Aires, Argentina. 128 p.
- Berrospe O.E.A. 2010. Sustratos alternativos a base de cachaza para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 139 p.
- Bollo E. 1999. Lombricultura. Una alternativa de reciclaje. Edición Mundi-Prensa. Barcelona, España. 149 p.
- Castillo A.E., Quarín S.H., Iglesias M.C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agric. Téc. (Chile)*. 60(1): 74-79.
- Contreras S., Reines M., Loza J. 2001. Lombricultura. Conocer y cuidar las lombrices para obtener abono orgánico. Fundación Produce Jalisco A.C. Universidad de Guadalajara. 74 p.
- Durán L., Henríquez C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostas producidas a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 31(1): 41-51 pp.
- Domínguez J., Aira M., Gómez-Brandón M. 2010. Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. *En: Insam, H., Franke-Whittle, I., Goberna, M. (Eds). Microbes at work: from wastes to resources*, pp.93-114. Springer-Verlag, Berlin Heilderberg, Germany.
- Félix H., J. A.; Serrato F., R.; Armenta B., A. D; Rodríguez Q., G.; Martínez R. R.; Azpiroz R., H. S; y Olalde P. V. 2010. Propiedades Microbiológicas de Compostas Maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Rev. Ra Ximhai*, Vol. 6: 105-113.
- Fernández M.M., Aguilar M.I., Carrique J.R., Tortosa J., García C., López M., Pérez J. M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Ferruzzi C. 1986. Manual de lombricultura. Traducción de C. Buxade. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 138 p.
- Norma Oficial Mexicana. 2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreos y análisis. NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. 85 p.
- Norma Oficial Mexicana. 2008. Humus de lombriz (lombricomposta)- especificaciones y métodos de prueba. NMX-FF-109-SCFI-2008. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. 24 p.
- Pérez M.M.A., Sánchez H.R., Palma-López D.J., Salgado G.S. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México *Interciencia*, 36 (1), pp. 45-52
- Reines M., Rodríguez C., Sierra A., Vázquez Ma. 1998. Lombrices de tierra con valor comercial: Biología y técnicas de cultivo. Editorial Ducere. Chetumal, Quintana Roo, México. 60 p.
- Rodríguez D.M., Cano R.P., Figueroa M.U., Palomo G.A., Favela C.E., Álvarez R.V. Márquez H.C., Moreno R.A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. México*. Vol. 31 (3). 265-272 pp.
- Ruiz R.O. 1999. Agroecología: un enfoque para la producción sustentable de alimentos agrícolas industriales. *Revista Tecno agro* 5 5-6 pp.
- Salgado G.S., Palma-López D.J., Núñez E.R., Lagunés E.L., Deberdardi D.H., Mendoza H.R. 2006. Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción en el Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 210 p.
- Sánchez-Hernández R. 2006. Evolución estructural de un suelo arcilloso por el aporte de materia orgánica y la inalteración mecánica. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 136 p.
- Sánchez-Hernández R., Ordaz-Chaparro V.M., Palma-López D.J. y Sánchez B.J. 2006. El vermicompostaje: elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados y Fundación Produce Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco. México. 46p.
- Soto G., Muschler R. 2001. Génesis, fundamentos y situación actual de la agricultura orgánica. *Manejo integrado de plagas*. (62) 101-105.

