

# VERMICOMPOSTEO DE SÓLIDOS REMOVIDOS DE UN PRE-TRATAMIENTO DE CRIBADO DE EXCRETAS PORCINAS

## VERMICOMPOSTING OF SOLIDS REMOVED FROM A SCREENING PRE-TREATMENT OF SWINE WASTE WATER

**Lina Cardoso-Vigueros; Marco Garzón-Zúñiga; Esperanza Ramírez-Camperos**

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnahuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, MÉXICO. C. P. 62550. Teléfono directo: +52-777-329-36-22; Conmutador: +52-777-329-36-00 extensiones 296,430 y 432. Fax: +52-777-329-36-63. www.imta.gob.mx.  
Correo-e: lina\_cardoso@tlaloc.imta.mx.

### RESUMEN

Las excretas porcinas (heces + orina) son residuos generados en las granjas porcinas; de carga contaminante variable, promueven la presencia de vectores (moscas o mosquitos) que pueden transmitir enfermedades. Sin embargo, las excretas aportan materia orgánica y nutrientes a los suelos. Los tratamientos para efluentes de excretas son: separación de sólidos por sedimentación o rejillas separadoras, deshidratación por filtros de arena, tratamiento fisicoquímico y anaerobio. Estos tratamientos generan sólidos, que deben ser tratados para estabilizarlos y reducir su efecto contaminante. El propósito de este estudio fue evaluar la eficiencia del vermicomposteo en la estabilización y reducción de contaminantes de los residuos sólidos del tratamiento de un efluente porcícola y determinar sus características agronómicas. Se seleccionó una granja en la que se producen 5,000 cerdos. El efluente es conducido por gravedad, y los sólidos gruesos, que se remueven en una malla, se usaron para alimentar a una población de lombrices de *Eisenia* sp. Se llevaron a cabo análisis de: coliformes fecales, *Salmonella*, sp., huevos de helminto y metales pesados (norma NOM-004-SEMARNAT-2002) y análisis agronómicos: materia orgánica, nitrógeno, capacidad de intercambio catiónica, pH, conductividad eléctrica y densidad aparente (norma NMX-FF-109-SCFI-2008). Después del vermicomposteo se obtuvo un biosólido completamente estabilizado de Clase A y de Tipo Excelente, para uso sin restricciones.

**Palabras clave adicionales:** *Eisenia* sp., estabilización de residuos sólidos, vermicomposta.

### ABSTRACT

The waste water and manure are residues produced in swine industry. The daily production of wastes in hog farming represents a considerable volume. The contamination of water swine and manure varies due to different concentrations of contaminants. With decomposition of organic matter there are present fly grubs, which spray diseases. Solid wastes provide organic matter and nutrients to the soils. Treatments of waste water swine are: solids removal by sedimentation or screen separator, dewatering by sand filters, physicochemical and anaerobic treatment. All of these procedures generate solid wastes, which have to be treated in order to stabilize them and to reduce their contaminant effects. The purpose of this study was to evaluate the vermicompost efficiency in the stabilization and reduction of contaminants in the waste solids, removed during treatment of swine waste water and to evaluate agronomic characteristics. It was selected a hog farming that raising 5,000 hogs. The effluent was conducted by gravity; the bulk solids were removed by passing water through a mesh and they were used to feed a population of worms (*Eisenia*, sp.). Once vermicomposting process finished, it was obtained a stabilized biosolid Class A, Excellent Type for using without restrictions

**Additional key words:** *Eisenia*, sp., solid wastes stabilization, vermicompost.

### INTRODUCCIÓN

Las excretas porcinas (EP), compuestas por heces, orina y agua, son desechos que se producen en una explotación porcina. Pérez (1992) menciona que por cada 70 kg de peso vivo en granja, se producen entre cuatro y cinco kilogramos de EP. Penz (2000) proporciona datos del volumen diario de EP producidas por tipo de cerdo; el volumen puede variar, de acuerdo a la etapa de

producción, de 0.27 a 0.81 m<sup>3</sup> por animal por mes. De acuerdo con Mariscal (2007), la composición química, y por lo tanto el poder contaminante de las EP, es muy variable en sus concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio. Los gases producidos (amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y bióxido de carbono) representan riesgos potenciales a la salud de los trabajadores y de los cerdos de acuerdo a sus concentraciones. En algunos países ya se

cuenta con propuestas de legislación para el control de olores (Puigvert, *et al.*, 2010). Una de las consecuencias del olor y la descomposición de las EP es la presencia de vectores, los cuales se encuentran representados principalmente por moscas. Las larvas van a permanecer en los sólidos removidos durante el tratamiento de las EP. De acuerdo con Gutiérrez (1995), las técnicas que han sido utilizadas en México para el tratamiento de efluentes de EP son: deshidratación por filtros de arena, separación de sólidos por rejillas separadoras y sedimentadores, tratamientos fisicoquímicos y tratamiento anaerobio por lagunas (Pérez, 1999). Todos estos tratamientos generan sólidos, los cuales tienen que ser tratados para estabilizarlos y reducir su efecto contaminante. El propósito de este estudio fue evaluar la eficiencia del vermicomposteo en la estabilización y reducción de contaminantes de los residuos sólidos del tratamiento de un efluente porcícola y determinar sus características agronómicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo se seleccionó una granja porcícola que tiene una producción de 5,000 cerdos en engorda. Las EP son evacuadas por medio de rejillas dispuestas en el piso de las galeras y conducidas por gravedad a través de un drenaje abierto hacia el sistema de separación de sólidos. El sistema trata cerca de  $1 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$  de EP. El efluente de EP pasa por gravedad primero por una malla, donde son retenidos los residuos gruesos de excretas porcinas (RGEP), con los cuales se llevó a cabo la alimentación de lombrices, y luego pasa a una serie de tanques donde se remueven los sólidos de menor tamaño por sedimentación (Figura 1). Se hizo la instalación del sistema de vermicomposteo, construido con tabicón, con las siguientes dimensiones: 3 m de largo, 1 m de ancho, 0.58 m de altura y capacidad de tratamiento de  $1.74 \text{ m}^3$  de desecho. El proceso se llevó a cabo con la alimentación directa de RGEP a una población inicial de 3 kg de lombrices ( $3,200 \text{ lombrices m}^{-2}$ ) de *Eisenia* sp., (Figura 2).

La duración del proceso fue 187 días, tiempo en el cual se alimentó quincenalmente con una capa de 10 cm de residuos



Figura 1. Sistema de tratamiento de excretas porcinas por medio de cribado, separación de sólidos y sedimentación

y se proporcionaron riegos diarios. Las muestras de RGEP y vermicomposta porcina VP se enviaron a un laboratorio certificado y especializado, donde se les realizaron análisis de acuerdo a la metodología analítica descrita en la norma mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 (Diario Oficial de la Federación, 2003) para: coliformes fecales y *Salmonella*, sp., técnica de tubos múltiples o número más probable (NMP); huevos de helminto, técnica de flotación y filtración; metales pesados, espectrofotometría de absorción atómica. Además la VP se analizó con algunos parámetros de la NMX-FF-109-SCFI-2008 (Diario Oficial de la Federación, 2008), con el propósito de conocer sus características agronómicas para determinar su uso potencial. Los análisis realizados de acuerdo a la metodología detallada en esta norma fueron: porcentaje de materia orgánica (% MO) por calcinación; nitrógeno total, método Kjeldahl; capacidad de intercambio catiónica (CIC), por acetato de amonio; porcentaje de humedad (% H), método gravimétrico; pH, método del potenciómetro; conductividad eléctrica (CE), método conductivímetro y densidad aparente (DA) por el método de la probeta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 187 días de proceso de vermicomposteo se obtuvo una reducción significativa de coliformes fecales (CF), de una concentración en los RGEP de  $1'328,711 \text{ NMP} \cdot \text{g}^{-1}$  a  $381 \text{ NMP} \cdot \text{g}^{-1}$  en la VP (remoción del 99.97 %). Se pudo reducir la *Salmonella* sp., de  $9 \text{ NMP} \cdot \text{g}^{-1}$  en los RGEP a niveles de concentraciones no detectados en la VP. La concentración de huevos de helminto viables en su origen fue de cero, lo que disminuye el riesgo de la presencia de parásitos. Estos resultados convierten a los RGEP en un biosólido Clase A, para uso no restringido (Diario Oficial de la Federación, 2003). Varios autores han reportado reducciones significativas de indicadores microbiológicos a niveles seguros (Eastman *et al.*, 2001; Rodríguez-Canché, *et al.*, 2009). Las lombrices son micrófagas, por lo que se cree que varios de los microorganismos pueden ser consumidos por ellas. Existen además otros mecanismos para la reducción de patógenos como la competencia por los nutrientes que existen entre los patógenos y los microorganismos benéficos que ayudan a la degradación de la materia orgánica, fenómenos ampliamente discutidos en la literatura (Domínguez *et al.*, 1997; Ellery, 2000, *In*: Pannikar *et al.*, 2004). Domínguez y Edwards (2004) mencionan que las lombrices secretan fluidos antibacterianos que los patógenos no resisten. Rodríguez-Canché *et al.* (2010) reportaron el vermicomposteo de lodos de fosas sépticas y puntualizaron que los factores tiempo y madurez son importantes y directamente proporcionales. En sus experimentos obtuvieron la remoción de microorganismos patógenos y sólidos totales volátiles (parámetro indicador de estabilidad), después de 60 días de proceso. Estos autores también mencionan que los microorganismos patógenos no son capaces de aparecer después de su inactivación en la vermicomposta, excepto cuando ocurre una recontaminación externa. La NOM-004-SEMARNAT-2002 establece que la atracción de vectores se reduce si la masa de sólidos volátiles en los biosólidos es reducida por lo menos en 38 % durante su tratamiento. Durante el proceso de vermicomposteo de los RGEP, los STV se removieron a los nueve días en 34



**Figura 2.- Construcción y alimentación del vermicomposteo**

%, y a los 20 días se obtuvo una remoción de 43 %, más de lo recomendado por la norma. Al final de la evaluación (187 días), la masa de sólidos volátiles se removi6 en 49 %. El remanente de STV sirve de alimento para un conjunto de microorganismos benéficos para el suelo. Las RGEP no presentaron plomo, cadmio ni arsénico, y la concentración de los otros metales, que en su origen no están fuera del límite máximo permitido por la norma mexicana, tendió a disminuir después del proceso de vermicomposteo, como fue el caso para el cromo, cobre, níquel y cinc (Cuadro 1). Algunos de estos metales se pueden bioacumular en las lombrices mediante dos vías: a través de la piel o por ingestión intestinal (Lanno, *et al.* 2004). Todos los valores de metales en la VP son de biosólidos de Tipo de Excelente calidad según la NOM-004-SEMARNAT 2002. Esta norma establece que el tipo de aprovechamiento para el lodo Clase A y de Tipo de Excelente calidad es para usos urbanos con contacto público directo, por lo cual no hay restricciones para su uso, y su distribución puede llevarse a cabo a granel o envasado. La calidad de la VP representa una oportunidad comercial para los porcicultores, para lo cual se requiere hacer un estudio de costo-beneficio para su tratamiento y comercialización.

Hubo un incremento en la densidad de población de *Eisenia*, sp., al ser alimentadas con RGEP (3,200 a 174,933 lombrices·m<sup>-2</sup>), así como un incremento en el peso promedio individual (226

a 640 mg por lombriz) al final del proceso de 187 días. Esto indica que los RGEP pueden ser utilizados como alimento para las lombrices. Di Masso *et al.* (1997) y Schuldt *et al.* (2001) mencionan que, según la dieta, el peso promedio individual de una lombriz puede ser de 800 a 1,400 mg, mientras que Bollo (2001) afirma que el peso puede variar de 120-980 mg. En ambos reportes los autores usaron como alimento para las lombrices diferentes estiércoles. Domínguez *et al.* (2000), encontraron que con aserrín las lombrices alcanzaban un peso promedio individual de 572 mg, y con residuos de comida el peso era mayor: 755 mg. El peso promedio individual de las lombrices alimentadas con RGEP fue de 640 mg, lo cual es un peso aceptable. Se hizo la evaluación de la VP en sus características agronómicas de acuerdo a los parámetros establecidos en la norma NMX-FF-109-SCFI-2008 (Diario Oficial de la Federación, 2008). Esta Norma Mexicana establece las especificaciones de calidad que debe cumplir el humus de lombriz que se produce o se comercializa en territorio nacional. Las primeras características que se establecen en esta norma son las Especificaciones Sensoriales del humus de lombriz, las cuales son: color, todos los colores entre el negro a café oscuro, de acuerdo a la tabla de colores Munsell (1990), y olor a tierra húmeda, ausente de olores pestilentes. La VP presentó un color café oscuro (10 y 2/2). Los colores oscuros son indicadores de la materia orgánica descompuesta; en tanto más negro sea el color, el contenido de compuestos húmicos es mayor (Ortiz Villanueva y Ortiz, 1990). Dos problemas asociados a las EP son el olor desagradable ocasionado por compuestos orgánicos volátiles (Sutton, *et al.*, 1999) y la presencia de vectores (moscas). Respecto a la reducción de olor, Camp *et al.* (1980) mencionan que el paso del lodo a través del tracto digestivo de las lombrices altera su estructura física significativamente. Las partículas grandes se rompen dentro de numerosas partículas, las cuales incrementan su área superficial, lo que provoca que las partículas generadoras de olor, como los compuestos de sulfuro, se oxiden completamente y de esta forma disminuya el olor. Cuando el residuo es estable y no hay presencia de olores, no hay presencia significativa de vectores. La VP presentó una apariencia granular característica de un material friable, lo que ayuda a su aplicación en dosis adecuadas al suelo. En el Cuadro 2 se enlistan las especificaciones fisicoquímicas que el humus de lombriz debe cumplir y los valores obtenidos por la VP.

**Cuadro 1. Concentración de metales pesados en las excretas EP y vermicomposta VP**

Metales (totales)	Excretas porcinas	Vermicomposta de excretas vermicomposta mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	
			Excelente	Bueno
			mg/kg	
Plomo	ND*	ND*	300	840
Cadmio	ND*	ND*	39	85
Arsénico	ND*	ND*	41	75
Mercurio	0.5	0.39	17	57
Cromo	29	10	1200	3000
Cobre	1155	797	1500	4300
Níquel	17	11	420	420
Cinc	792	468	2800	7500

\*ND = No detectado

Cuadro 2. Especificaciones fisicoquímicas del humus de lombriz y de la VP

Característica Valor	Valor NMX-FF-109-SCFI-2008	VP
Nitrógeno total	De 1 a 4 % (base seca)	1.9 %
Materia orgánica	De 20 a 50 % (base seca)	58.63 %
Relación carbono/ nitrógeno	$\leq 20$	17.9
Capacidad de intercambio catiónico	$> 40 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	$60.0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$
Humedad	De 20 a 40 % (sobre materia húmeda)	60.7 %
pH	de 5.5 a 8.5	6.62
Conductividad eléctrica	$\leq 4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$	$0.320 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$
Densidad aparente sobre materia seca (peso volumétrico)	$0.40 \text{ a } 0.90 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$	$0.40 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

El contenido de materia orgánica es un poco más alto (58.63 %), dentro del valor establecido en la norma. Este parámetro representa uno de los aportes benéficos más apreciables del uso de la vermicomposta. La relación carbono/nitrógeno es un indicador de estabilidad, y el resultado obtenido en la vermicomposta mostró que es un material estable pero al mismo tiempo con suficientes nutrientes para permitir el crecimiento de biomasa y la nutrición vegetal. La capacidad de intercambio catiónica (CIC) es un indicador de la capacidad de retención de cationes por el suelo, y también es utilizada por la NMX-FF-109-SCFI-2008 como indicador de estabilidad. Cuanto mayor sea el valor de la CIC, más cationes retiene. La CIC de la VP fue de  $60 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ , y fue mayor al valor mínimo que establece la norma. Si se compara este valor con el que se presenta en los suelos naturales, se tiene que las arcillas tienen una CIC de  $10\text{-}150 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ , en tanto que la materia orgánica tiene valor de  $200 \text{ a } 400 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Potash and Phosphate Institute, 1997). Esta característica da una idea de la capacidad de retención de nutrientes, y es un buen indicador de calidad y productividad de la VP. Una alta capacidad de CIC es lo deseable en un sustrato porque mantiene una reserva de fertilidad que nutre las plantas (Ruano, 2008). La densidad aparente que considera el peso de la vermicomposta por unidad de volumen y que incluye las partículas sólidas y el espacio poroso, en la vermicomposta fue de  $0.4 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , valor que está en el rango establecido por la norma, que va de  $0.40 \text{ a } 0.90 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  (Diario Oficial de la Federación, 2008). La densidad de la VP indica que es un material ligero, característica adecuada para el cultivo de vegetales, sobre todo en vivero (Ruano, 2008). Un sustrato con baja densidad aparente resulta económicamente beneficioso, debido a que mejora significativamente la capacidad operacional del medio de cultivo, disminuyendo los costos de transporte y la manipulación de materiales (Abad, 1993). De acuerdo a la norma, aunque el proceso de vermicomposteo transforma y estabiliza marcadamente la materia orgánica, el material resultante en los lechos o camas (por su acumulación y compactación) puede requerir todavía la presencia de oxígeno del aire para completar su "maduración" y su estabilización para su uso general, por lo que la recomendación es airear mecánicamente la VP al sacarla de los lechos.

## CONCLUSIONES

Después del proceso de vermicomposteo se logró obtener un biosólido Clase A y de Tipo Excelente. Con base en la NOM-004-SEMARNAT-2002, es para usos urbanos con contacto público directo, por lo cual no hay restricciones para su uso y se puede pensar que su distribución también puede llevarse a cabo a granel o envasado. De acuerdo con la NMX-FF-109-SCFI-2008, es un humus de lombriz de alta calidad por su contenido de materia orgánica y nutrientes y con gran estabilidad, por lo que no va a presentar problemas de olores o vectores, pero puede requerir aún la presencia de aireación, secado y cribado para alcanzar una presentación comercial, por lo que la recomendación es airear mecánicamente la VP al sacarla de los lechos. La calidad de la VP representa una oportunidad comercial para los porcicultores. Se requiere hacer un estudio de costo-beneficio para su tratamiento y comercialización.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y al Centro de Investigaciones Industriales de Quebec, Canadá (Centre de Recherche Industrielle du Québec, CRIQ), su apoyo económico para la realización de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- Abad, M. 1993. Sustratos: Características y propiedades. *In*: Cultivo sin suelo. F. Canovas y J. Díaz. (ed.) Instituto de Estudios Almerienses. Andalucía, España. FIAPA. pp. 47-62.
- Bollo, T. 2001. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Soboc Grafic, Quito, Ecuador. ISBN: 9978-40-812-6. 149 pp.
- Camp, Dresser, Mckee, Ink. 1980. Compendium on Solid Waste Management by Vermicomposting. US, EPA Municipal Environmental Research Lab., Cincinnati, OH, USA. Technical report. No. EPA-600/8-80.
- Diario Oficial de la Federación. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Lodos y biosólidos, especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Diario Oficial de la Federación del viernes 15 de agosto de 2003.
- Diario Oficial de la Federación. 2008. Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008. Esta Norma Mexicana establece las especificaciones de calidad que debe cumplir el humus de lombriz que se produce o se comercializa en territorio nacional. Se excluye el humus de lombriz en presentación líquida. Secretaría de Economía. Diario Oficial de la Federación 10 de junio de 2008.
- Di Masso, R. J.; L. B. Marc; N. R. Biasatti. 1997. Earthworm *Eisenia foetida* (Savigny) growth in Coypu and other animal faeces as nutritional substrata. *Megadriologica*, 6(12): 105-112.
- Dominguez, J. 2004. State-of-the-art and New Perspectives on Vermicomposting Research. En Edwards, C.A. (dir.), *Earthworm Ecology*. New York (USA): CRC Press, pp. 401-424.
- Dominguez, J., Briones, M.J., Mato, S. (1977). Effect of the diet on growth and reproduction of *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia* 41,566-576.
- Dominguez, J., Edwards, C. A., Webster, M. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia Andrei*. *Pedobiologia* 44, 24-32.

- Domínguez *et al.*, 1997 y Ellery, 2000, *In*: Panikkar, A. K., Riley, S. J. & Shrestha, S. P. 2004. Risk management in vermicomposting of domestic organic waste. *Environmental Health*, 4, (2), 13-21.
- Domínguez, J., 2004. State-of-the-art and New Perspectives on Vermicomposting Research. *In*: Edwards, C.A. 2004. *Earthworm Ecology*. New York (USA): CRC Press, pp. 401-424.
- Eastman, B. R.; Kane, P. N.; Edwards, C. A.; Trytek, L.; Gunadi, B.; Stermer, L.; Mobley, J. R. 2001. The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. *Compost Sci. Utilization*, 9(1), pp. 38-49.
- Ellery, D. 2000. Earthworms make great waste managers. *Solid waste online*: 32-8-00, [www.solidwaste.com/content/news/](http://www.solidwaste.com/content/news/). Consultado el 30 July 2001.
- Gutiérrez Vázquez Ernestina. 1995. Efectos de los ácidos grasos volátiles del proceso resumen abomasal (in Vitro) y de la melaza sobre la viabilidad de la *Salmonella typhimurium*. Tesis para obtener el Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma de Colima. Facultad de Ciencias Biológicas Agropecuarias.
- Lanno, R.; Wells, J.; Conder, J.; Bradham, K.; Basta, N. 2004. The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 57, 39-47.
- Mariscal Landín Gerardo. 2007. Tratamiento excretas cerdos. Capítulo 7. *In*: Reporte de la Iniciativa de la Ganadería, el Medio Ambiente y el Desarrollo (LEAD) - Integración por Zonas de la Ganadería y de la Agricultura Especializadas (AWI) - Opciones para el Manejo de Efluentes de Granjas Porcícolas de la Zona Centro de México. Departamento de Agricultura de la FAO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México). Universidad Nacional Autónoma de México (México), Swiss College of Agriculture (Switzerland), y Coordinado por la FAO. CENID \*Fisiología, INIFA. Disponible en: [www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s08.htm](http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s08.htm)
- Munsell Soil Color Charts. 1990. Edition revised Mather division of Kollmorgen instruments Corp.
- Ortiz Villanueva B.; C. Alberto Ortiz Solorio. 1990. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Suelos. 7ª edición. México, pp 242.
- Panikkar, A. K.; Riley, S. J.; Shrestha, S. P. 2004. Risk management in vermicomposting of domestic organic waste. *Environmental Health*, 4, (2), 13-21.
- Potash & Phosphate Institute. 1997. *Manual internacional de fertilidad de los suelos*. Research education. USA.
- Penz A.M.Jr. 2000. Efecto de la nutrición en la cantidad y en la calidad de los desechos de los cerdos. Duodécimo ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos. FERMEX, México D.F. 22 de Septiembre. pp 1-23.
- Pérez E. R. 1992. Ganadería Porcina y medio ambiente. *México Ganadero*, julio. pp 25.
- Pérez E. R. 1999. Porcicultura intensiva y medio ambiente en México. *Revista Mundial de Zootecnia* 92-1999/1. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x1700t/x1700t03.htm>. Consultado el 4 agosto de 2010.
- Puigvert, Xavier, Narcís Castelló; Eduard Martí. 2010. Emisiones de gases y olores de las explotaciones de engorde de porcino. Departamento de Producción Animal. Universidad de Girona. Grupo de Saneamiento Porcícola de Girona (GSP-Gi). Disponible en: <http://www.3tres3.com/medioambiente/ficha.php?id=2869&id2=0>. Fecha de consulta: (02-03-2010).
- Rodríguez-Canché L. G.; L. Cardoso-Vigueros, T.; Maldonado-Montiel; M. Martínez-Sanmiguel. 2010. Pathogen reduction in septic tank sludge through vermicomposting using *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*. 101, 3548-3553.
- Ruano Martínez, J. R. 2008. *Viveros Forestales*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2ª. Ed., 285 p.; 16.5 x 23.5 cm. ISBN: 978-84-8476-340-6. Materia: 630.28. pp. 123-125.
- Schuld, M.; A. Rumi; D. Gutierrez Gregoric; J. Bodnar; N. Revora; V. Tasso; M. Valenti; J. Varela. 2001. Crecimiento, madurez sexual y potencial reproductor de *Eisenia foetida* (Annelida, Lumbricidae) con scrap de arroz, estiércol de conejo y residuos domiciliarios. 11a. Jornada Nacional de Lombricultura; Gral. Cabrera, Córdoba.
- Sutton A. L.; Kephart K. B.; Verstegen M. W.; Canh T. T.; Hobbs P. J. 1999. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. *J Anim Sci*. 77:430-9.