

Modelos de aprovechamiento de excretas de granjas porcinas

Alberto Jorge Galindo-Barboza^{a*}, Gerardo Domínguez-Araujo^a, Gerardo Salazar-Gutiérrez^a

^aCampo Experimental Centro Altos de Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.

*Correspondencia: galindo.alberto@inifap.gob.mx

Introducción

En México, según el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, en 2010 se estimó una emisión de 748.25 megatoneladas (Mt) de CO₂-equivalente, de las cuales el 12.3% (92.18 Mt) corresponde a las emisiones por la agricultura, contribuyendo la fermentación entérica y el manejo de estiércoles con la emisión de 3.74 Mt de CO₂-equivalente^(1,2).

Los residuos pecuarios orgánicos representan una fuente constante de contaminantes derivado de la presencia de nutrientes no digeridos^(3,4), por lo tanto se pueden considerar las excreta, una fuente de nutrientes aprovechables mediante la adopción de diversas tecnologías.

La cantidad y calidad (características físicas y químicas) de las excretas están ligadas a factores como: especie, fin zootécnico, etapa productiva, calidad de las dietas, digestibilidad, infraestructura de la unidad de producción, manejo y equipos disponibles para su recolección^(1,2).

El objetivo es presentar algunas tecnologías que pueden ser utilizadas bajo un modelo integrado para el aprovechamiento de los residuos porcícolas.

Modelos de aprovechamiento de residuos.

Los modelos integrados para el manejo y aprovechamiento de residuos consisten en la integración de tecnologías que nos lleven a tal fin. Es requisito de éstos modelos su adaptabilidad a los distintos sistemas de producción pecuaria (familiar, mediana escala, gran escala, intensivos, extensivos y/o mixtos) y la interacción con la agricultura. Su principal objetivo es la diversificación de la producción y de los ingresos, estableciendo procesos amigables con el ambiente para alcanzar la

sostenibilidad. El reto más importante y promisorio de estos modelos es la articulación con las cadenas productivas y comerciales locales y nacionales. En este sentido, son muchos, pero aislados, los esfuerzos que se han realizado para abordar distintas problemáticas, siendo la solución un enfoque integral de las necesidades en el sector agropecuario en relación al manejo de residuos.

En el Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco del INIFAP se han diseñado y estudiado procesos para el manejo, aprovechamiento y revalorización de residuos orgánicos en las granjas porcinas, entre los cuales se encuentran: ensilaje de cerdaza para la alimentación animal⁽⁵⁻⁷⁾, composta y vermi-composta para la producción de abonos orgánicos⁽⁸⁾, sistemas de digestión anaerobia para la generación de energías renovables y el tratamiento de aguas residuales⁽⁹⁾. Estas tecnologías tienen la capacidad de: generar productos con valor agregado y/o acondicionar los residuos para ser sometidos a otro proceso del cual también se obtenga un producto.

Ensilado de cerdaza

Este consiste en someter la excreta (proveniente de cerdos en etapas de destete-finalización) a un proceso de fermentación anaerobia⁽⁵⁾; el ensilado de cerdaza es el resultado final y puede ser utilizado para la alimentación de rumiantes^(7,10-13), y cerdos⁽¹⁴⁻¹⁷⁾.

El objetivo de dicho proceso, es disminuir el pH a niveles por debajo de 5, con el fin de eliminar microorganismos indicadores de contaminación fecal⁽¹⁸⁾, proceso mediante el cual, también son eliminados microorganismos patógenos, virus y parásitos^(18,19), siempre y cuando, el proceso se realice adecuadamente. El ensilado de cerdaza también se ha utilizado con el objetivo de conferir inmunidad en cerdos y disminuir el microbismo en granjas porcinas⁽²⁰⁾ sin que esto represente un riesgo, como el concebido al utilizar estrategias de auto inmunización como las realizadas en presencia de brotes por diarrea epidémica porcina⁽²¹⁾ u otras enfermedades en México. El principal beneficio del ensilado de cerdaza, radica en la disminución de costos de alimentación; trabajos recientes, sugieren una reducción de hasta 7% en cerdos⁽⁶⁾ y de 60% en algunas etapas de la alimentación de rumiantes.



Ilustración 1 Elaboración de ensilado de cerdaza; mezcla de excretas frescas de cerdos en producción y maíz o sorgo molido.



Ilustración 2 Alimento elaborado para cerdas en gestación con ensilado de cerdaza.



Ilustración 3 Alimentación de vacas lecheras con una dieta elaborada con ensilado de cerdaza.

Composta y vermi-composta

Aunque en general, el compostaje es considerado un proceso sencillo, la práctica sugiere que necesita de condiciones físicas, químicas y microbiológicas complejas⁽⁸⁾ y la falta de cuidado o consideraciones repercuten sobre la calidad del producto final (composta estabilizada). La composta, posee un importante contenido de materia orgánica y nutrientes que pueden ser aprovechados de diversas formas en la agricultura y en la preservación del suelo^(22,23).

Otra forma de utilizar y dar valor agregado a la composta, es a través de su uso como insumo para la lombricultura⁽²⁴⁾. Mediante la lombricultura, se obtienen productos de alto valor económico como: humus, lixiviados y biomasa de lombriz^(22,24).



Ilustración 4 Proceso de compostaje con cerdaza y esquilmos agrícolas.



Ilustración 5 Uso de lombriz Roja de California para la generación de humus y lixiviado, utilizando la composta como insumo.

Sistemas de digestión anaerobia

Los sistemas de digestión anaerobia son una alternativa viable para el pre-tratamiento de los residuos agropecuarios⁽²⁵⁾. Su principal función consiste en degradar la materia orgánica y transformarla en metano; también se le ha dado uso a los efluentes como fertilizantes para terrenos de cultivo^(26,27). Lo anterior dependerá de la eficiencia del reactor (biodigestor).

En México, los biodigestores más utilizados para tratamiento de los efluentes de unidades de producción pecuaria son los de laguna cubierta⁽²⁸⁾, de los cuales existen diversas versiones desarrolladas para facilitar su manejo y vida útil, mediante la implementación de sistemas de extracción de lodos y agitación⁽²⁹⁾.

Otro tipo de biodigestores muy populares en México son los tubulares de polietileno (tipo Taiwán), los cuales, han sido eficientes en sistemas de traspatio para la generación y autoconsumo del biogás generado, sin embargo, este tipo de biodigestores bajo esquemas de producción pecuaria suelen quedar rebasados por la producción de residuos, sin que su adopción represente un beneficio. Además, en estudios recientes se ha demostrado que este tipo de biodigestores bajo flujo continuo en granjas porcícolas no son capaces de eliminar ciertos patógenos como: *L. intracellularis*, *S. aureus*, *E. coli*, *Salmonella* spp, mesófilos aerobios, Clostridium sulfito reductores, coliformes totales y coccidias^(30,31), lo que hace que represente un riesgo sanitario el uso de sus efluentes como *biol* o fertilizante.

Por otro lado, diversos sectores (incluyendo el pecuario), han utilizado los biodigestores como generadores de energías renovables y algunas instituciones de investigación le han apostado al desarrollo e industrialización de esta tecnología, lo que genera en la granjas porcícolas una oportunidad competitiva en términos económicos, sociales y ambientales para la generación eléctrica^(32,33).

Antes de implementar un biodigestor (sin importar la escala de la unidad de producción), es necesario conocer la cantidad y características de los residuos generados para poder elaborar una estrategia de integración tecnológica y direccionar los residuos a cada uno de los procesos como mejor convenga.



Ilustración 6 Implementación de biodigestores para productores de traspatio y pequeños.



Ilustración 7 Uso de biodigestores industriales para la generación de biogás y producción de energía eléctrica.

Conclusión

La integración de tecnologías (generación de modelos) para el manejo y aprovechamiento de los residuos orgánicos pecuarios es factible. Este tipo de modelos deberá articularse con los mercados locales, nacionales e internacionales y con las políticas ambientales para satisfacer la demanda de alimentos en cantidad y calidad, con la premisa de aprovechar y conservar los recursos naturales al máximo.

Literatura citada

1. Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, *et al.* Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Roma: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO); 2013. 153 p.
2. SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Inventario Nacional de Emisión de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. Primera edición. México. 2013.
3. Brockmann D, Hanhoun M, Négri O, Hélias A. Environmental assessment of nutrient recycling from biological pig slurry treatment - Impact of fertilizer substitution and field emissions. *Bioresour Technol* 2014;(163):270–9.
4. Quiroga-Garza HM, Cueto-Wong JA, Figueroa-Viramontes U. Efecto del estiércol y fertilizante sobre la recuperación de 15N y conductividad eléctrica. *Terra Latinoam* 2011;29(2):201–9.
5. Castellanos-Aceves A, Salazar-Gutiérrez G, Hernández-Morales P, Domínguez-Araujo G, Barrera-Camacho G. Uso de ensilado de cerdaza en la alimentación animal. Prometeo Editores. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP; 2010. 21 p.
6. Galindo-Barboza AJ, Domínguez-Araujo G, Salazar-Gutiérrez G, Sánchez-García FJ, Avalos-Castro MA. Uso de ensilado de cerdaza en la alimentación animal. In: Hernández Virgen R, Pérez Domínguez JF, editors. Memoria técnica Vamos al campo 2012. Prometeo E. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP; 2012. p. 57–62.
7. Avalos-Castro MA, Domínguez-Araujo G, Galindo-Barboza AJ, Ruvalcaba-Gómez JM, Arias-Chávez LE, Salazar-Gutiérrez G. Efecto de la adición de ensilado de cerdaza en la dieta de vacas en lactación sobre parámetros productivos y las características fisicoquímicas de la leche. In: 3er Congreso Nacional, Mitigación del daño ambiental en el sector agropecuario de México. 2013. p. 127–136.
8. Xelhuantzi-Carmona J, Salazar-Gutiérrez G, Domínguez-Araujo G, Arias-Chávez LE, Chávez-Durán AA, Galindo-Barboza AJ. Manual para la elaboración de abonos orgánicos a partir de técnicas como la composta y lombricomposta. Graficos Lara editores. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP; 2012. 52 p.
9. Domínguez-Araujo G, Salazar-Gutiérrez G, Galindo-Barboza AJ, Xelhuantzi-Carmona J, Castañeda-Castillo M, Sánchez-García FJ, *et al.* Implementación de biodigestores para pequeños y medianos productores porcícolas. Graficos Lara editores. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP; 2012. 28 p.
10. Castrillón-Quintana O, Jiménez-Pérez RA, Bedoya-Mejía O. Porquinaza en la alimentación

- animal. *Rev Lasallista Investig.* 2004;1(1):1–5.
11. Berger JCA, Fontenot JP, Kornegay ET, Webb KEJ. Feeding swine waste. II. Nitrogen utilization, digestibility and palatability of ensiled swine waste and Orchardgrass hay or corn grain fed to sheep. *J Anim Sci.* 1981;(52):1404–1420.
 12. Dominguez-Araujo G, Galindo-Barboza AJ, Salazar-Gutiérrez G, Arias-Chávez LE, Quiñones-Islas N. Efecto en el comportamiento productivo de bovinos en finalización al utilizar dietas conteniendo ensilado de cerdaza. *Rev Mitigación del Daño Ambient Agroaliment y For México.* 2014;1(1):23–33.
 13. Martínez-Barrera VM, Serna-Roman MG. Utilización de cerdaza ensilada en la alimentación de ovinos de engorda. [tesis licenciatura]. Zapopan, Jalisco, México. Universidad de Guadalajara; 1999.
 14. Guillemin Rubio JJ. Utilización de la cerdaza fermentada en la etapa de destete. [tesis licenciatura]. Zapopan, Jalisco, México. Universidad de Guadalajara; 1995.
 15. Galindo-Barboza AJ, Dominguez-Araujo G, Salazar-Gutiérrez G, Avalos-Castro MA, Sánchez-García FJ. Efecto de la adición de ensilado de cerdaza en dietas de cerdos en cebo, una alternativa para la reutilización de sólidos en granjas porcícolas. In: 3er Congreso Nacional, Mitigación del daño ambiental en el sector agropecuario de México. Guadalajara, Jalisco, México; 2013. p. 61–71.
 16. Zaldivar-Reynoso MA, Corona-Santos G. Restricción del consumo de alimento en cerdos en etapa de finalización, utilizando estiércol fermentado de cerdo. [tesis licenciatura]. Zapopan, Jalisco, México. Universidad de Guadalajara; 1995.
 17. Hernández-Mata A. Evaluación de sólidos recuperados fermentados con alimento de lechón de predestete y efectos en su aceptación y crecimiento. [tesis licenciatura]. Guadalajara, Jalisco, México. Universidad de Guadalajara; 1994.
 18. Galindo-Barboza AJ, Dominguez-Araujo G, Salazar-Gutiérrez G, Arteaga-Garibay RI, Martínez-Peña MD, Ruvalcaba-Gómez JM. Disminución de las UFC como indicadores de contaminación fecal en el ensilado de cerdaza, considerando el pH como factor determinante. *Rev Mitigación del Daño Ambient Agroaliment y For México.* 2014;1(1):34–43.
 19. Caballero-Hernández AI, Castrejón-Pineda F, Martínez-Gamba R, Angeles-Campos S, Pérez-Rojas M, Buntinx SE. Survival and viability of *Ascaris suum* and *Oesophagostomum dentatum* in ensiled swine faeces. *Bioresour Technol.* 2004;94(2):137–142.
 20. Galindo-Barboza AJ, Dominguez-Araujo G, Salazar-Gutiérrez G, Arteaga-Garibay RI, Martínez-Peña MD, Sánchez-García FJ. Ensilado de cerdaza, una oportunidad para el manejo de la bioseguridad y el microbismo en granjas porcícolas. Prometeo Editores. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP; 2013.
 21. Jung K, Saif LJ. Porcine epidemic diarrhea virus infection: Etiology, epidemiology, pathogenesis and immunoprophylaxis. *Vet J.* 2015;204(2):134–143.
 22. FAO. Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina [Internet]. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2013. 112 p. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
 23. Villar I, Alves D, Garrido J, Mato S. Evolution of microbial dynamics during the maturation phase of the composting of different types of waste. *Waste Manag.* 2016;(54):83–92.
 24. Gómez-Rosales S, Espinosa-García JA, González-Orozco TA, Salazar-Gutiérrez G. Alternativas para el reciclaje de excretas animales: Producción de humus de lombriz. Impresos G. editores. Ajuchitlán, Colón, Querétaro: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP; 2007.
 25. Trejo LW, Vázquez GLB, Uicab AJ, Castillo CJ, Caamal MA, Belmar CR, Santos RRRH. Eficacia de remoción de materia orgánica de aguas residuales porcinas con biodigestores en el estado de Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2014; (17): 321–323.

26. Acevedo P. Biodigestor de Doble Proposito - Producción e Investigación - para residuos de granja porcicola. *Revista Ion* 2006;19(1): 1–6.
27. Cepero L, Savran V, Blanco D, Díaz PMR, Suarez J, Palacios A. Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. *Pastos y Forrajes* 2012;35(2):219–226.
28. Blanco D, Suárez J, Jiménez J, González F, Álvarez MN, Cabeza E, *et al.* Eficiencia del tratamiento de residuales porcinos en digestores de laguna tapada. *Pastos y Forrajes*. 2015;38(4):441–7.
29. Campos CB. Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 2011;20(2):37–41.
30. Betancur H O, Betancourt E A, Estrada A J, Henao U F. Persistence of pathogens in liquid pig manure processed in manure tanks and biodigesters. *Rev MVZ Córdoba*. 2016;21(1):5237–49.
31. Cañon-Franco WA, Henao-Agudelo RA, Pérez-Bedoya JL. Recovery of gastrointestinal swine parasites in anaerobic biodigester systems. *Rev Bras Parasitol Veterinária*. 2012;21(3):249–53.
32. Venegas Venegas JA, Espejel García A, Pérez Fernández A, Castellanos Suárez JA, Sedano Castro G. Potencial de energía eléctrica y factibilidad financiera para biodigestor-motogenerador en granjas porcinas de Puebla. *Rev Mex Ciencias Agrícolas*. 2017;8(3):735–740.
33. Venegas Venegas JA, Perales Salvador A, del Valle Sánchez M. Energía renovable una opción de competitividad en granjas porcinas en México. *Rev Mex Ciencias Agrícolas*. 2015;(1):503–509.