

Veterinaria México

Volumen
Volume 32

Número
Number 4

Octubre-Diciembre
October-December 2001

Artículo:

Efecto del ensilaje y la biodegradación con larva de mosca sobre las características nutricionales y bacterianas de la excreta de cerdo

Derechos reservados, Copyright © 2001:
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

Otras secciones de
este sitio:

- ☞ Índice de este número
- ☞ Más revistas
- ☞ Búsqueda

*Others sections in
this web site:*

- ☞ *Contents of this number*
- ☞ *More journals*
- ☞ *Search*



Medigraphic.com

Efecto del ensilaje y la biodegradación con larva de mosca sobre las características nutricionales y bacterianas de la excreta de cerdo

Ivonne Aubert de la Parra*
José Juan Martínez Maya*
Germán Borbolla Sosa**

Abstract

The objective of the present study was to compare the nutritional characteristics of pig manure silage to that of pig manure biologically degraded using fly larvae. Dry matter (DM) content decreased ($P < 0.05$) with the biodegradation process (53.90% vs. 29.38%), but did not change during the ensiling one (40.09% vs. 40.83%). Crude protein (CP), crude fiber (CF), and ash concentrations in the biodegradation process (26.2%, 12.1%, 14.6%) were higher ($P < 0.05$) than the ones found with the silage process. However, fat and free nitrogen content on silage manure (13.5%, 46.9%) were higher ($P < 0.05$) than in the biodegraded manure (8.7%, 39.1%). No differences ($P > 0.05$) were found in the content of non proteic nitrogen (NPN) which averaged 6.6%. *E. coli* was detected on 10% of the silages only. According to these results, both processes could be considered for a recycling waste program. The biodegradation process presents some advantages, resulting in a more stable product; in addition, 43.5 g of fly larvae per kg of manure with 48% CP were produced.

Key words: PIG MANURE, ENSILAGE, FLY LARVAE, *E. COLI*, *SALMONELLA* spp.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue comparar las características nutricionales del ensilaje de excreta de cerdo y de la excreta de cerdo biodegradada con larva de mosca. El porcentaje de materia seca se redujo ($P < 0.05$) en el proceso de biodegradación (53.90% vs 29.38%), pero no varió en el proceso de ensilaje (40.09% vs 40.83%). En base seca, la proteína cruda (PC), fibra cruda (FC) y ceniza fueron mayores ($P < 0.05$) en la excreta biodegradada (26.2%, 12.1%, 14.6%) en comparación con el ensilado (20.6%, 8.5%, 10.2%). Sin embargo, los contenidos de grasa y extracto libre de nitrógeno (ELN) fueron mayores ($P < 0.05$) en el ensilado (13.5%, 46.9%) comparados con lo obtenido en la excreta biodegradada (8.7%, 39.1%). No se encontraron diferencias en la concentración de nitrógeno no proteínico (NNP), el promedio fue de 6.6%. Con respecto a la evaluación microbiológica, sólo se determinó la presencia de *E. coli* en 10% de los ensilados. Con base en los resultados obtenidos, ambos procesos pueden ser considerados en un programa de reciclamiento de excretas. Sin embargo, el proceso de biodegradación presentó ventajas en su composición, logrando un producto más estable, además de que se obtuvo una producción adicional de 43.25 g de larva de mosca por kg de excreta, con 48% de PC en base seca.

Palabras clave: CERDAZA, LARVA DE MOSCA, ENSILAJE, EXCRETA DE CERDO, *E. COLI*, *SALMONELLA* spp.

Recibido el 15 de diciembre de 2000 y aceptado el 4 de abril de 2001.

* Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F.

** Departamento de Producción Animal: Cerdos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

Introducción

El constante incremento de la población ha traído consigo un aumento en la demanda de alimentos de origen animal, que sólo puede ser satisfecha mediante una producción intensiva y eficiente. En este sentido, la industria porcícola en el ámbito mundial ha incrementado la densidad de animales en sus granjas, reduciendo al mismo tiempo el número de días necesarios para su envío al rastro.¹ En México, Pérez² estimó que para el 2000 habría una población aproximada de 17 millones de cerdos, por lo que si bien la porcicultura constituye una de las principales industrias pecuarias, también es fuente importante de contaminación del suelo y del agua.

La materia orgánica contenida en el agua de desecho de una granja porcina puede rebasar la capacidad de degradación bacteriana, aumentando la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias, lo que se define como "demanda bioquímica de oxígeno" (DBO). Los contaminantes generados en una granja pueden producir niveles de contaminación de hasta 200 mg/kg de DBO al día.³ El elevado contenido de materia orgánica de la excreta porcina se debe, en gran parte, a que el cerdo sólo aprovecha 29% del nitrógeno (N_2) y 28% del fósforo (P) que se encuentran en la ración alimentaria.⁴

Como medida tendiente a disminuir las repercusiones al ambiente causadas por las explotaciones pecuarias, varios países de la Unión Europea se han propuesto reducir para el 2005 los niveles de contaminantes que originan sus granjas hasta en 70%, en comparación con los niveles de 1980; en este sentido, se han propuesto diversas estrategias con el fin de minimizar la contaminación originada por la porcicultura.⁵

En México, es incipiente la formación de conciencia de las consecuencias generadas por la contaminación que causa la excreta del cerdo; sin embargo, algunos productores han tratado de aprovechar los desechos porcinos para lograr la recuperación de nutrientes mediante su reutilización. La excreta de cerdo (cerdaza) se ha utilizado sin ningún tratamiento para la alimentación de animales domésticos,⁶ lo cual si bien ha reducido costos, no ha mejorado el consumo de alimento, la conversión alimentaria y la ganancia diaria de peso. En la alimentación de rumiantes, los mayores beneficios se han obtenido cuando la cerdaza es ensilada.⁷ Además, es necesaria la adición de granos o rastrojo como fuentes de carbohidratos solubles para que el proceso de fermentación pueda llevarse a cabo.⁸ En borregos alimentados con ensilado de excreta de cerdo, sorgo y melaza, el consumo de materia seca y la ganancia de peso se favorecen con niveles de cerdaza del 22% al 44%.⁹ En la alimentación de corderos con ensilado de cerdaza se ha observado mejor eficiencia alimentaria con inclusiones de 40%.¹⁰

A diferencia de lo anterior, la utilización de cerdaza fresca o ensilada en la alimentación de cerdos ha presentado un efecto negativo en la conversión alimentaria, principalmente durante las etapas de crecimiento y finalización;¹¹ no obstante, en cerdas gestantes se ha observado que no afecta su productividad.¹²

Otra vía de aprovechamiento de los nutrientes contenidos en la excreta de cerdo puede ser a través de su recuperación por larvas de insectos como la mosca doméstica (*Musca domestica L.*).¹³ Las larvas utilizan la excreta como sustrato para su desarrollo, transformándose así en proteína de origen animal,¹⁴ la cual ha sido utilizada para la alimentación de animales domésticos^{15,16} y de laboratorio.¹⁷

El efecto negativo que la excreta de cerdo produce al ambiente es consecuencia de la liberación de nitrógeno¹⁸ y la posible contaminación por agentes patógenos.¹⁹ Lo anterior hace necesario buscar alternativas que permitan reducir estos desechos a través de la reutilización de los nutrientes contenidos en ellos, por esta razón el presente estudio compara el uso de dos diferentes métodos de reciclaje de excreta de cerdo: a) Ensilada con sorgo molido y melaza, y b) biodegradada mediante el cultivo de larva de mosca, evaluando la capacidad de ambos procedimientos para recuperar y aprovechar nutrientos.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Producción Porcina (CEIEPP), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (FMVZ-UNAM), que se encuentra en el municipio de Jilotepec, Estado de México, México.

Cría de moscas y obtención de huevos

El pie de cría de *Musca domestica* fue obtenido a partir de larvas donadas por el criadero de moscas del "Complejo Lechero de Tizayuca", localizado en Tizayuca, Hidalgo, México. La producción del pie de cría se obtuvo mediante la distribución de 1 000 pupas en cinco cajas de madera de 70 × 65 × 65 cm, en un ambiente controlado con humedad de 40% y temperatura de 25°C. Una vez eclosionadas las moscas, con el fin de alimentarlas y proporcionarles un sitio de ovipostura, se les proporcionó una mezcla de azúcar, leche en polvo y agua (1:2:2), en cajas de Petri.²⁰ El agua fue administrada *ad libitum* en otro recipiente.

Diariamente se inspeccionaban las cajas de Petri para detectar la presencia de huevos, los cuales fueron recolectados mediante una red para peces de ornato. Los huevos obtenidos se colocaron en charolas de plástico con salvado humedecido y se mantuvieron

durante 14 días en condiciones similares de temperatura y humedad que las moscas. Las pupas obtenidas fueron recolectadas y colocadas en las cajas de madera para su transformación en un nuevo pie de cría.

Biodegradación de la excreta por larvas de mosca

Cada semana y durante cinco semanas se colocaron en cuatro charolas de plástico de 35×35 cm 1 g de huevos de moscas (6 000 huevos, aproximadamente) en un kilogramo de excreta fresca de cerdos en crecimiento (30 kg de peso vivo, aproximadamente). Los cerdos se encontraban alojados en corrales con piso de cemento. Siete días después de la inoculación, el contenido de las charolas fue colocado en cajas de madera con doble fondo, provistas de una malla metálica con perforaciones de 3 mm (Figura 1). La colección de las larvas se realizó al exponerlas a la luz solar, ya que por fototropismo negativo se favorece su migración y recuperación del fondo de la caja.²⁰ Cada semana se tomaron cuatro muestras de la excreta fresca y biodegradada y de las larvas, y se transportaron en refrigeración a 4°C al laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (FMVZ-UNAM) con el propósito de realizar el análisis químico proximal (AQP) y la determinación de nitrógeno no proteínico.²¹

Ensilaje de excreta de cerdo

El ensilaje se llevó a cabo durante cinco semanas con la elaboración de cuatro microsilos por semana, utilizando

do cubetas de lámina metálica con una capacidad de 12.5 kg. En cada cubeta se mezclaron 8.3 kg de excreta fresca, de cerdo en crecimiento, 1 kg de sorgo molido, 700 g de melaza y 0.01% de un inóculo de bacterias lácteas.* Durante el proceso de ensilaje se registraron la temperatura y el pH de los silos a los días cero y 15; además, para la realización del análisis químico proximal y la determinación de nitrógeno no proteínico²¹ se tomaron muestras de los silos al inicio y al día 15 del proceso cuando fueron abiertos.

Análisis microbiológico

Para la determinación de microorganismos patógenos, se tomaron dos muestras por semana de excreta fresca, excreta biodegradada y ensilado al inicio y final del proceso, lo que resultó en un total de 40 muestras. De cada muestra se colocaron 25 g en 250 mL de agua peptonada al 1% y fueron transportadas en refrigeración (4°C) al Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la FMVZ-UNAM, donde se colocaron en una estufa a 36°C durante 24 horas. La determinación de *Salmonella* spp se llevó a cabo con la siembra de las muestras en tubos de tetracionato y selenito, incubados a 36°C durante 48 horas. Posteriormente se sembraron en agar MacConkey y *Salmonella Shigella* y se incubaron a 36°C durante 24 horas. Las cepas sospechosas de *Salmonella* spp fueron sembradas en tubos de LIA y TSI a 34°C durante 48 horas. Finalmente a las colonias obtenidas se les realizó la prueba de aglutinación para su confirmación.

Para determinar la presencia de *E. coli*, las muestras fueron sembradas en agar verde brillante e incubadas a 36°C durante 24 horas. Las colonias sospechosas a coliformes fueron sembradas en tubos de *E. coli* y mantenidas en baño María durante 48 horas. Los tubos positivos (presencia de gas) fueron sembrados de nuevo en agar verde brillante y se incubaron a 36°C durante 24 horas. A las colonias obtenidas se les realizó la prueba de indol para determinar si eran sospechosas a *E. coli*; las positivas fueron sembradas en agar nutritivo y se enviaron al laboratorio del Instituto Nacional de Referencia Epidemiológica para su tipificación.

Se compararon cada uno de los resultados del AQP y el NNP para cada tratamiento al inicio y al final; para la biodegradación por larva de mosca con excreta fresca al día cero (L_0) y excreta biodegradada al séptimo día (L_7). Para el ensilado, la mezcla para ensilar (S_0) y el ensilado al día 15 (S_{15}). Los resultados obtenidos se evaluaron para determinar su normalidad mediante la prueba de sesgo y curtosis,²² los cuales presentaron una distribución diferente a la normal por lo que se compararon mediante la prueba U de Mann Whitney,²² además, mediante la misma prueba se compararon los resultados finales de ambos procesos.



Figura 1. Caja de madera con doble fondo para la colecta de larvas de mosca (*Musca domestica L.*).

* Inoculante para ensilar 1174, Pioneer Hi-bred International INC, Iowa, USA.

Resultados

Obtención de larvas de mosca

Por cada gramo de huevos de *M. domestica* se obtuvo un promedio de 43.25 gramos de larva por kg de excreta. El porcentaje de materia seca en las larvas varió de 25.3 a 35.3, con un promedio de 30.75 (Cuadro 1). Los resultados obtenidos mediante el análisis químico proximal de las larvas evaluadas en base húmeda y seca se observan en el Cuadro 2.

Biodegradación de la excreta

En relación con la composición de la excreta antes y después de su biodegradación por la larva de mosca, se

encontró que las medianas de materia seca, así como la concentración de proteína cruda, fibra cruda, nitrógeno no proteínico y cenizas aumentaron significativamente al finalizar el proceso ($P < 0.05$), la grasa disminuyó al final del proceso ($P < 0.05$) y en el extracto libre de nitrógeno no se encontró diferencia en su concentración ($P > 0.05$) (Cuadro 3).

Ensilado

A través del análisis químico proximal del ensilado no se observaron cambios significativos en la concentración de materia seca, ni en la proteína cruda, ceniza y extracto libre de nitrógeno entre los días cero y 15 ($P > 0.05$), únicamente se encontró una disminución en la cantidad de fibra cruda y grasa después del ensilado y un aumento en el nitrógeno no proteínico ($P < 0.05$) (Cuadro 3).

Los cambios de temperatura y pH observados en el ensilado de excreta de cerdo con sorgo molido y melaza se observan en el Cuadro 4, cabe señalar que la temperatura en el mejor de los casos aumentó a 24.5°C y el pH disminuyó a 4.1.

Al final de ambos procesos, la concentración de la proteína cruda, fibra cruda y cenizas fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en la excreta de cerdo biodegradada por la larva de mosca en comparación con el ensilado. Mientras que la grasa y el extracto libre de nitrógeno fueron mayores en el ensilado ($P < 0.05$) (Cuadro 3).

Análisis microbiológico

De las 40 muestras analizadas, en ninguna fue posible determinar la presencia de *Salmonella* spp. Sin embargo, *Escherichia coli* se encontró en 11 de las 20 muestras al inicio de ambos procesos (55%) (seis para biodegradación y cinco para ensilado) y únicamente al final del proceso de ensilaje se encontraron dos muestras positivas (10%) (Cuadro 5).

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible observar que la excreta de cerdo puede ser aprovechada como sustrato para el desarrollo de larvas de mosca.²³ La cantidad de materia orgánica, así como las condiciones ambientales son los principales factores que contribuyen al desarrollo de las larvas.^{13,14,23} Se ha observado que su producción puede variar según la época del año y la calidad de los nutrientos. A este respecto, la producción obtenida en el presente trabajo de 43.25 g de larvas por kg de excreta fue mayor a lo informado por Villasana,²⁴ quien obtuvo 24 g/kg en invierno; sin embargo, fue similar a los resultados obtenidos por el mismo autor cuando realizó los culti-

Cuadro 1

PRODUCCIÓN DE LARVAS DE MOSCA DOMÉSTICA DESARROLLADAS EN EXCRETA DE CERDO

Semana	larva/ kg excreta (g)*	% MS
1	42.5	33.5
2	40.5	35.3
3	42.0	25.3
4	45.0	28.8
5	46.2	30.9
Promedio	43.25	30.7

MS = Materia seca

*Cantidad de larva obtenida a los siete días de inoculación de 1 g de huevos de *Musca domestica*.

Cuadro 2

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA LARVA DE MOSCA CULTIVADA EN EXCRETA DE CERDO

	% B.H.	% B.S.
Materia seca	30.75	100
Proteína cruda	14.81	48.2
Grasa	3.93	12.8
Fibra cruda	2.55	8.3
Cenizas	1.70	5.5
Extracto libre de nitrógeno	7.73	25.1
Total de nutrientes digestibles	27.3	88.8

Cuadro 3

COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL Y NITRÓGENO NO PROTEÍNICO (NNP) EN EXCRETA UTILIZADA PARA EL DESARROLLO DE MOSCA DOMÉSTICA O PARA ENSILAR

	% Base seca*						
	MS	PC	FC	Grasa	Cenizas	ELN	NNP**
L ₀	29.38 ^a	22.6 ^a	8.4 ^a	11.8 ^a	13.7 ^a	44.2 ^a	4.3 ^a
L ₇	53.90 ^b	26.2 ^b	12.1 ^b	8.5 ^b	14.6 ^b	39.1 ^a	6.4 ^b
S ₀	40.09 ^a	21.8 ^a	13.1 ^a	9.8 ^a	10.7 ^a	43.1 ^a	4.7 ^a
S ₁₅	40.83 ^a	20.6 ^a	8.5 ^b	13.5 ^b	10.2 ^a	46.9 ^a	6.9 ^b

* Los valores representan la mediana de 20 muestras.

** Determinado al sustraer el valor de la proteína verdadera del de la proteína cruda.

L₀ Excreta de cerdo fresca al día cero.

L₇ Excreta de cerdo siete días después de ser utilizada como sustrato por la larva de mosca.

S₀ Mezcla de excreta de cerdo (83%), sorgo (10%) y melaza (7%) al día cero.

S₁₅ Mezcla de excreta de cerdo (83%), sorgo (10%) y melaza (7%) después de 15 días de ser ensilada.

Los valores con diferentes literales al inicio y fin de cada proceso difieren significativamente (P < 0.05).

Cuadro 4

TEMPERATURA Y pH PROMEDIO EN EL ENSILADO DE EXCRETA DE CERDO*

Ensilado	S0		S15	
	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH
1	13.3	6	23.6	4.2
2	14.6	6	24.1	4.7
3	18.5	5.7	23.8	4.6
4	16.1	5.8	24.5	4.5
5	14.1	5.5	24.4	4.1
Promedio	15.3	5.8	24.0	4.4

* Mezcla de excreta de cerdo (83%), sorgo (10%) y melaza (7%) Promedio de datos obtenidos a partir de 20 muestras.

S₀ = Mezcla para ensilar al día 0.

S₁₅ = Ensilado al día 15.

vos en primavera y verano al obtener 55.1 y 53 g/kg, respectivamente. Por su parte, Díaz y Hernández²⁵ y Pérez²⁶ lograron obtener 61 y 60 g de larva por kg, respectivamente.

El aumento de la viabilidad de los huevos favorece la producción de larvas de mosca, este efecto se ha observado cuando se permite que las moscas ovipositen directamente sobre la excreta y únicamente se regulan el tiempo de exposición y la humedad.²⁷

Cuadro 5

DETERMINACIÓN DE *E. coli* EN MUESTRAS DE EXCRETA DURANTE EL PROCESO DE BIODEGRADACIÓN Y ENSILAJE

	Positivos	Negativos	Total
Excreta fresca, L ₀	6	4	10
Excreta biodegradada, L ₇	0	10	10
Mezcla para ensilar, S ₀	5	5	10
Ensilado, S ₁₅	2	8	10
Total	13	27	40

Con respecto a los resultados en base seca del AQP obtenidos en las larvas de mosca, se encontró que la concentración de proteína cruda de 48.2% fue similar a lo obtenido por diversos investigadores, quienes determinaron una variación de 49.7% a 59.6%.^{23,26,28}

En cuanto a la grasa de las larvas en el presente estudio (12.8%), fue menor a la encontrada por Ocio y Viñaras²⁸ y por Andrade,²³ quienes obtuvieron 19% y 30%, respectivamente. Esto último pudo ser consecuencia de que dichos investigadores analizaron las larvas entre los días nueve y diez, edad que requiere un mayor aporte de energía por estar próximas a la etapa de pupación.²⁹

El aporte de cenizas de las larvas de 5.5% fue similar al obtenido por Andrade²³ de 5.9% y menor al informado por Pérez,²⁶ quien determinó 9%. Con base en lo

anterior, cabe destacar que actualmente, por sus características nutrimentales, las larvas de mosca han sido utilizadas en dietas para codornices, donde han sustituido a otros nutrientes, como la harina de soya.³⁰

Con relación a la excreta ensilada, las condiciones de biorreacción con sorgo y melaza favorecieron el proceso de degradación de la materia orgánica, lo que explica la reducción del pH y el incremento de la temperatura en el ensilado.³¹ El decremento del pH durante el proceso de ensilado es un indicador de la presencia de las bacterias ácido-lácticas que transforman los carbohidratos solubles de la excreta y el sorgo, y favorecen una fermentación láctica más rápida, así como la producción de ácidos grasos volátiles.³² Resultados similares fueron obtenidos por Ramírez y Rodríguez.³³

En los resultados del AQP de la excreta biodegradada por la larva de mosca y del ensilado, se encontró que en general hubo un mejor resultado en la primera. Si bien el contenido de materia seca no varió con el proceso de ensilado, su valor fue intermedio entre la excreta fresca y la excreta biodegradada por la larva de mosca; además, esta última sufrió durante el proceso una transformación hacia un producto más fácilmente manejable.

La mayor pérdida de humedad en la excreta biodegradada estuvo dada en gran medida por la evaporación del agua, debida a los procesos de aereación derivada de la actividad de las larvas al hacer surcos en ella,³⁴ esta reducción de humedad fue similar a la observada por Andrade²³ y El Boushy.¹⁴ Para el ensilaje, los resultados de MS (40.83%) fueron similares a los obtenidos por Ramírez.³⁵

El incremento de proteína cruda encontrada en la excreta biodegradada difiere de lo obtenido por Pérez,²⁶ ya que si bien durante la biodegradación se esperaría una reducción en la concentración de este nutriente, el aumento encontrado podría deberse a la mortalidad de larvas durante el proceso, situación que describe Hogsette³⁴ y que, señala, puede ser fuente importante de proteínas. Para el ensilado, la no variación en la concentración de proteína cruda fue similar a lo encontrado por Salazar,¹² aunque es posible observar una disminución de proteína cruda, debido a que cuando la cantidad de urea en la excreta no es suficiente para mantener el crecimiento bacteriano, se requiere de la proteína existente en la mezcla para ensilar.³⁶

El incremento de la fibra cruda en la excreta de cerdo biodegradada por la mosca fue contrario a lo informado por Pérez,²⁶ quien encontró una reducción de 31.5%, estas diferencias pueden ser resultado de que hubo variaciones en la edad de los huevos inoculados en la excreta, lo que posiblemente hizo que parte de la fibra detectada provenía de las larvas o de pupas recién formadas. Para el ensilado, la disminución de fibra cruda obtenida en el presente estudio pudo deberse a que algunas bacterias como *Fibrobacter succinogenes*,

Ruminococcus albus, *Clostridium herbivorans*, entre otras, y presentes en la excreta, utilizan celulosa y hemicelulosa para su desarrollo.³⁷

La disminución de la grasa presente en la excreta de cerdo después de ser biodegradada fue similar a los resultados obtenidos por Pérez.²⁶ En el caso del ensilado los resultados fueron similares a los notificados por Flores et al.³⁸

El objetivo de cualquier técnica empleada en el tratamiento de desechos es lograr deducir, en mayor o menor porcentaje, la cantidad de sólidos totales presentes;³⁹ sin embargo, no todos estos procesos logran disminuir los agentes patógenos.⁵ A este respecto, el proceso de biodegradación de excreta con larva de mosca, resultó suficiente para eliminar *E. coli*, lo que no ocurrió cuando se ensiló la excreta. Lo anterior pudo deberse al alto contenido de humedad (60%) y a la temperatura, que no fue mayor a 24.5 °C, ya que se ha señalado que un ensilado con 40% de humedad, pH de entre 3.9 a 4.8 y 5% de ácido láctico son suficientes para inhibir el crecimiento de bacterias patógenas.³²

Si bien resulta prometedora la reutilización de la excreta de cerdo a través los procesos analizados y, sobre todo, después de su biodegradación con larva de mosca, es necesario considerar aspectos; por ejemplo, su aplicación requiere de una área específica dentro de una granja, controlar las condiciones ambientales y buscar cambios de conducta en los propietarios de cerdos que motiven la búsqueda de alternativas de este tipo para el control de desechos. El reciclamiento de nutrientes contenidos en la excreta de cerdo disminuiría la contaminación que este subproducto de la industria porcina ocasiona al ambiente.⁴⁰

Aún son necesarias más investigaciones, particularmente en el campo de los procesos de degradación y transformación de la materia orgánica por la larva, su aprovechamiento como una fuente de alimento en dietas de animales domésticos y su factibilidad aplicativa a través de estudios de beneficio-costo.

Agradecimientos

Agradecemos a la doctora Silvia Buntix, del Departamento de Nutrición Animal de la FMVZ-UNAM, su asesoría científica.

Referencias

1. Sagarnaga VL. Evolución y perspectivas de la porcicultura mexicana. Memorias de la XXXIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria; 1997 noviembre 3-8; Veracruz (Ver) México. México (DF): Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agropecuaria, 1997:217.
2. Pérez ER. Porcicultura y medio ambiente. Memorias del Segundo Seminario de Manejo y Reciclaje de Residuales Porcinos; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Qro).

- México (DF): Consejo Nacional de Porcicultura, 1997:54-56.
3. Berges MG, Crutzen PJ. Estimates of global N-20 emission from cattle, pig and chicken manure, including a discussion of CH-4 emission. *J Atmos-Chem* 1996;24:241-269.
 4. Van der Peet-SCMC, Aarnink AJA, Rom HB. Ammonia emissions from pig houses in The Netherlands, Denmark and France. *Livest Prod Sci* 1999;58:265-269.
 5. Dourmand JY, Japp VM. Modelling procedures to minimise pollution in pigs. Proceedings of the 15th International Pig Veterinary Society Congress; 1998 July 5-9; Birmingham, England. Birmingham, England: Pig Veterinary Association, 1998:5-9.
 6. Cantón CJ, Bores QR, Moguel OY. Evaluación del uso del estiércol fresco de cerdo en la engorda de bovinos en finalización. Memorias de la XXXVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 2000; 2000 noviembre 7-10; Hermosillo (Son). Hermosillo (Son): Universidad de Sonora, 2000:204.
 7. Meza BJ, Morquecho LC, Domínguez V. Evaluación de la inclusión de ensilado de cerdaza en la alimentación de corderos para abasto. Memorias de la XXXIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 1997; 1997 noviembre 3-8; Veracruz (Ver). México (DF): Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, 1997:110.
 8. Martínez CVA, Castrejón PFA, Pradal RP, Corona GL. Efecto de la inclusión de cerdaza en ensilados de planta de maíz y melaza sobre la productividad de corderas criollas. Memorias de la XXXVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 2000; 2000 noviembre 7-10; Hermosillo (Son); Hermosillo (Son): Universidad de Sonora, 2000:230.
 9. Iñiguez CG, Cuaron IA. Fermentation characteristic, digestibility and performance of ensiled swine waste, wheat straw and cane molasses fed to sheep. *Biol Wastes* 1990;34:281-299.
 10. Meza MCO, Castrejón PFA, Corona GL. Comportamiento productivo y metabolismo ruminal de corderas alimentadas con ensilado de sólidos de excretas porcinas. Memorias de la XXXVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 2000; 2000 noviembre 7-10; Hermosillo (Son). Hermosillo (Son): Universidad de Sonora, 2000:218.
 11. Salazar GG. Manejo de estiércol de cerdo para su reciclaje en la alimentación de cerdos en etapa de crecimiento-finalización (tesis de maestría). Cuautitlán (Edo. de México) México: Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. UNAM, 1994.
 12. Salazar CG. Respuesta productiva de cerdas gestantes alimentadas con ensilado de cerdaza. Memorias de la XXXVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 2000; 2000 noviembre 7-10; Hermosillo (Son). Hermosillo (Son): Universidad de Sonora 2000:182.
 13. Barnard D, Harms R. Growth and survival of house flies (Diptera: *Muscidae*) in response to selected physical and chemical properties of poultry manure. *J Econ Entomol* 1992;85:1213-1217.
 14. El Boushy AR. House-fly pupae as poultry manure converters for animal feed: a review. *Biorech Technol* 1991;38:45-49.
 15. Inaoka T, Okubo G, Yokota M, Takesama M. Nutritive value of house fly larvae and pupae fed on chicken faeces as food source for poultry. *Jpn Poultry Sci* 1999;36:174-180.
 16. Pro MA, Cuca GM, Becerril PC, Bravo MH, Bixler CE, Perez HA. Estimation of metabolizable energy and utilization of fly larvae (*Musca domestica* L.) in the feeding of broilers. *Arch Latinoam Prod Anim* 1999;7:39-51.
 17. Onifade AA, Oduguwa OO, Fanimo AO. Effects of supplemental methionine and lysine on the nutritional value of housefly larvae meal (*Musca domestica*) fed to rats. *Biorech Technol* 2001;78:191-194.
 18. Ni JQ, Vinckier C, Coenegrachts J, Hendriks J. Effect of manure on ammonia emission from a fattening pig house with partly slatted floor. *Livest Prod Sci* 1999;59:25-31.
 19. Turner C, Burton CH. The inactivation of viruses in pig slurries: a review. *Biorech Technol* 1997;61:9-20.
 20. Hecht O. Ecología y comportamiento de las moscas domésticas. Laboratorio de entomología. México (DF): Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, 1970.
 21. A.O.A.C. Official methods of analysis. 13th ed. Washington (DC): Association of Official Analytical Chemistry, 1980.
 22. Márquez CM. Probabilidad y estadística. Para ciencias químico biológicas. México (DF): McGraw-Hill, 1995.
 23. Andrade MG. Evaluación de la calidad proteica de la larva de mosca desarrollada en estiércol de cerdo y valoración de su actividad como biodegradadora de los desechos (tesis de licenciatura). México (DF) México: Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala. UNAM, 1987.
 24. Villasana GJA. Producción de larva de mosca común (*Musca domestica*) y su evaluación biológica como fuente de proteína y energía en raciones para aves (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Depto. de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, 1981.
 25. Díaz CB, Hernández RP. Evaluación de fuentes de nutrientes para la mosca común (*Musca domestica* L) en base a la producción de larva (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1991.
 26. Pérez JP. Producción de larvas de mosca (*Musca domestica* L) bajo condiciones controladas, utilizando estiércol de cerdo (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Depto. de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, 1991.
 27. Hernández MA. Producción de larva de mosca (*Musca domestica* L) en mezclas de estiércol de cerdo y bovino (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1993.
 28. Ocio E, Viñaras R. House fly larvae meal grow on municipal organic waste as a source of protein in poultry diet. *Anim Feed Sci Technol* 1979;4:227-231.
 29. Dwivedi J, Agrawal OP. Degradation of cuticle during larva-pupal and pupal-adult development of the housefly, *Musca domestica*. *Physiol Entomol* 1995;20:318-322.
 30. Pacheco AJ. Larva de mosca (*Musca domestica*), alternativa como fuente de proteína en la cría de codorniz (*Cyrtonyx* sp) (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1980.
 31. Chung TY, Kim KC, Lee SR. Effect of moisture content and substitution level of molasses on the fermentation characteristics of swine manure silage. *Korean J Anim Sci* 1989;31:162-169.
 32. Kamra DN, Srivastava SK. Effect of sugarcane molasses of fermentation of pig faeces and straw inoculated with lactic acid. Producing bacteria. *Biorech Technol* 1994;47:67-88.
 33. Ramírez VF, Rodriguez F. Características químicas del ensilaje de rastrojo de maíz adicionado de excremento de cerdo, urea y melaza. Resúmenes de la Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal 1995; 1995 noviembre 10-12; México (DF). México (DF): Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 1995:11-15.

34. Hogsette JA. Development of house flies (Diptera: Muscidae) in sand containing varying amount of manure solid and moisture. *J Econ Entomol* 1996;89:940-945.
35. Ramírez VF. Valor nutricional del ensilado de rastrojo de maíz y cerdaza o gallinaza para borregos con o sin implante de zeranol (tesis de maestría). Chapingo (Edo. de México) México: Colegio de Postgraduados. Universidad Autónoma de Chapingo, 1990.
36. Rubio LM. Efecto del tiempo de secado y la adición de melaza en el ensilaje de cerdaza (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1995.
37. Varel VH, Yen JT. Microbial perspective on fiber utilization by swine. *J Anim Sci* 1997;75:2715-2722.
38. Flores GM, Castrejón PF, Corona GL. Características nutricionales de sólidos de excreta porcina ensilada con melaza y sorgo. *Memorias de la XXXIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*; 1997 noviembre 3-8; Veracruz (Ver). México (DF): Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agropecuaria, 1997:89.
39. Kalyuzhnyi S, Sklyar V, Fedorovich V, Kovalev A, Nozhevnikova A, Klapwijk A. The development of biological methods for utilization and treatments of diluted manure streams. *Wat Sci Technol* 1999;40:223-229.
40. Jongbloed AW, Poulsen HD, Dourmad JY, Peet-Schwering CM. Environmental and legislative aspects of production in The Netherlands, France and Denmark. *Livest Prod Sci* 1999;58:243-249.