



UNIVERSIDAD AUTONOMA  
DE QUERETARO



ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

RESPUESTA DE CERDOS EN ETAPA DE  
CRECIMIENTO Y FINALIZACION, ALIMENTADOS  
CON BASE EN EXCRETAS DE CERDO, FRESCAS  
Y FERMENTADAS

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**  
**P R E S E N T A :**  
**AMERICA ALEJANDRA LUNA ESTRADA**

ASESOR: M.V.Z. M.C. GERARDO SALAZAR GUTIERREZ

COASESOR: DR. FELIPE DE J. RUIZ LOPEZ

QUERETARO, QRO.

1995

**BIBLIOTECA CENTRAL UAQ**  
"ROBERTO RUIZ OBREGON"

No. Reg. H55295

TS

Cls. 636.4

L961x

1995

## CONTENIDO

Indice de Cuadros.....	iii
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Revisión de Literatura.....	4
Tratamientos comunmente utilizados en el procesamiento del estiércol de cerdo.....	6
Métodos físicos.....	6
A) Secado Natural.....	6
B) Secado Artificial.....	7
C) Separación de las fracciones sólidos-líquidos.....	7
Métodos químicos.....	8
Métodos biológicos.....	8
Material y Métodos.....	11
Resultados.....	15
Discusión.....	18
Conclusiones.....	20
Literatura Citada.....	21
Apéndices. Análisis de varianza.....	25

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de las heces de porcinos (base seca).....	6
Cuadro 2. Ingredientes de la dieta control utilizada en la prueba de comportamiento productivo.....	12
Cuadro 3. Análisis calculado de nutrimentos.....	13
Cuadro 4. Dietas experimentales (% en base seca) utilizadas en la prueba de comportamiento.....	14
Cuadro 5. Estadística descriptiva. Medias generales.....	15
Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos para tratamientos..	17

## DEDICATORIAS

A Sergio, con entrañable cariño, por su confianza, su generosidad y por ser como un padre.

A Alma, Israel y Berenice, por compartir su bienestar y su educación.

A mis padres: Beatriz y Roberto, con amor.

A mis hermanos: Marcela, Patricia, Elsa, Roberto, Rocío y Laura.  
Por su presencia y su cariño.

A mis sobrinos: Luis, Betty, Juan, Gustavo, Eric, Cecy, Laura, Diana, Emmanuel, Karla, Melissa, Iván, Mariana, Fernanda, Carlitos, Jimena, Héctor y Claudio.

A Benjamín con amor, por compartir conmigo parte de la vida.

A mis amigos: Ofelia y Juan Manuel, Luz, Juan Joel y José Luis.  
Por saber escuchar y estar presentes.

A la familia Montaña-Tsuchiya con profundo afecto, por su amistad y apoyo en todo momento.

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, M.C. Gerardo Salazar Gutiérrez, por su ayuda y sus consejos.

Al Dr. Felipe Ruíz López, por su invaluable ayuda y su paciencia.

Al Dr. Carlos Sosa F., por su amistad y sus enseñanzas.

Al Dr. Moisés Montaña B., por sus sabios consejos.

Al Dr. Marcelino Menéndez Trejo, por ser un gran amigo.

A mis sinodales: Dr. Felipe de J. Ruíz López  
M.C. Gerardo Salazar Gutiérrez  
M.C. Emigdio Santiago  
M.V.Z. Ma. de Lourdes Angeles  
M.V.Z. José R. Morales Cruz

Al Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México A.C., por las facilidades prestadas, especialmente al Dr. José A. Cuarón I., por su confianza.

Al Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, I.N.I.F.A.P. y a todos sus investigadores, en particular al Dr. Armando Shimada M.

A Mis amigos del CeNIF y MA.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la inclusión de 0, 15 y 30% de estiércol fresco o fermentado, en una dieta convencional (sorgo-soya), sobre el comportamiento de cerdos en las etapas de crecimiento y finalización. Se usaron 24 cerdos (machos castrados y hembras) producto de un cruzamiento alterno Landrace X Duroc, con un peso inicial de  $35 \pm 4.24$  kg aproximadamente, distribuyéndose en un diseño experimental de bloques al azar; en cinco tratamientos, siendo el sexo el factor de bloqueo y el peso inicial la covariable. Los resultados mostraron que la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia, cuando el alimento se ofreció en base húmeda, fueron mayores para los animales que consumieron el alimento convencional ( $P < 0.05$ ). El efecto de el nivel de inclusión del 15% de estiércol, para la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia, al proporcionarse el alimento en base húmeda, fue similar al del grupo control ( $P < 0.05$ ), pero la eficiencia alimenticia, al ofrecerse el alimento en base húmeda para estos dos fue mayor que para el nivel de inclusión del 30%. El resto de las variables de respuesta: eficiencia alimenticia, cuando se ofreció el alimento con base a materia seca, consumo diario de materia seca y consumo diario de alimento, no presentaron variaciones ( $P > 0.05$ ) para ninguno de los efectos del modelo. Durante el transcurso de la prueba se presentó un problema diarreico en todos los animales, no determinándose su causa. Por lo que es necesario realizar otros trabajos que permitan identificar el origen de dicho problema. Los resultados permiten recomendar la inclusión de estiércol en la alimentación de los cerdos, en niveles inferiores al 15%, debiéndose considerar la idea de procesarlo antes de incluirlo en mezclas alimenticias, con la finalidad de evitar posibles riesgos sanitarios por la presencia de microorganismos patógenos en la ración.

## INTRODUCCION

En las últimas décadas se ha manifestado la necesidad de eficientizar la producción pecuaria, lo que ha propiciado la búsqueda de alimentos no convencionales para consumo animal. Esto se ha convertido en un área de desarrollo de gran prioridad, no solo para México sino en todo el mundo, por lo que es necesario enfocarse hacia sistemas de producción intensiva con la finalidad de ofrecer alternativas con potencial para reducir la problemática sobre el uso de alimentos balanceados tradicionales (pasta de soya-sorgo) (Olguín, 1985). Se estima que el costo de producción, por concepto de alimentación en la actividad pecuaria, actualmente oscila entre el 60 y el 85% del total (Suárez y Barkin, 1990).

Las explotaciones de los animales de granja han evolucionado hacia sistemas de producción en confinamiento, propiciando que en ocasiones la densidad de población se concentre en áreas muy pequeñas, por ejemplo en el municipio de la Piedad, Mich., en donde existen cerca de un millón de cerdos y se produce anualmente un cuarto de millón de toneladas de estiércol, para una superficie de 250,000 ha; provocando que la cantidad de estos residuos, constituyan un problema para el manejo de excretas y por ende de contaminación ambiental (Viniegra, 1985; Ochoa et al., 1989).

Las excretas son productos complejos, constituidos por ingredientes alimenticios no absorbidos y no digeridos, por productos catabólicos del metabolismo, por secreciones y por células microbianas y de tejidos, que después de la excreción continúan su degradación debido a la acción microbiana, produciendo gases, olores y contaminación de suelo y agua. Entre los residuos animales, el del cerdo es de los más contaminantes por su alto contenido de material orgánico e inorgánico (Harmon, 1974).

Afortunadamente, el estiércol, a diferencia de residuos industriales como el plástico, puede ser incorporado a los ciclos biológicos naturales. Por su contenido de nutrimentos para las plantas, tradicionalmente se ha usado como fertilizante y mejorador de suelos, pero el empleo de fertilizantes químicos ha ido supliendo paulatinamente el uso de desechos orgánicos para las plantas. Sin embargo, en la actualidad se está tratando de regresar



al uso de las excretas como fuente de nutrimentos agrícolas, aunque se está reglamentando para evitar la sobrecarga, y consecuentemente la toxicidad para los cultivos (McCaskey, 1990).

Actualmente en México, existe un documento oficial en el que se establecen importes económicos por el derecho de uso o aprovechamiento de bienes del dominio público, como son los cuerpos receptores de agua. Por otra parte, hay una reglamentación en estudio, respecto a los desechos generados por los animales, y no resulta extraño que en estos momentos se lleguen a clausurar granjas, particularmente de cerdos, en las que no se ha atendido la necesidad de reducir la contaminación por los desechos generados en las mismas (CONAGUA, 1991).

En México el estiércol, principalmente el de cerdos y el de bovinos, representa uno de los recursos más subutilizados, el cual se debe aprender a utilizar en forma racional y eficiente (Iñiguez et al., 1989).

Con la finalidad de utilizar óptimamente el estiércol como ingrediente alimenticio, mejorar sus características nutricionales y su manejo; durante el transcurso del tiempo se han desarrollado métodos físicos, químicos y biológicos para tratarlo. Los tratamientos físicos incluyen los procesos de separación sólido-líquido; los químicos, bactericidas biodegradables y los tratamientos biológicos incluyen el ensilaje y la fermentación microbiológica (Ochoa et al., 1989).

Posiblemente, el ensilaje es el método con mayor potencial en lo que se refiere al reciclaje de excretas como fuente de alimento, pues a través de este proceso se puede controlar el olor característico del estiércol, eliminar organismos patógenos y manejar con mayor facilidad el gran volumen de materia orgánica generado en las granjas porcinas. Además de ser un método económico y sencillo de realizar (Fontenot et al., 1983).

Finalmente, cabe señalar que es recomendable para cada productor, evaluar el tipo de procesamiento que resulte más conveniente para el manejo de los desechos generados en su explotación, de acuerdo a las características de sus instalaciones y la posibilidad de implementar cualquier método de procesamiento para los residuos orgánicos procedentes de su granja (Day, 1987).

## REVISION DE LITERATURA

Durante mucho tiempo las excretas animales, fueron consideradas como fuente invaluable de fertilizante y como regeneradoras del suelo; ya que desempeñan un papel fundamental en el equilibrio ecológico y participan indirectamente en la producción de alimentos de origen animal. Sin embargo, en la actualidad la intensificación de los sistemas de producción en confinamiento, ha provocado que las excretas de los animales y su manejo, sea un problema de contaminación (Fontenot et al., 1983).

El uso de las excretas en la alimentación animal, se debe principalmente, a su elevado contenido de materia mineral y de nitrógeno, aunque cuentan con una pobre concentración de energía (Smith, 1973; Lindley, 1982; Ruckebush y Thievened, 1979).

Fontenot et al. (1983), al comparar el uso de los desechos, provenientes de animales domésticos, determinaron que el mayor potencial de uso de las excretas y el más redituable, es el de su reincorporación en la alimentación y que es posible realizarse en los animales de la misma especie o en la recirculación cruzada entre especies. Seguido por el empleo como fertilizante y finalmente como generador de metano. Sin embargo, afirmaron que el estiércol resulta ser más valioso para los animales rumiantes que para los no rumiantes.

Por su parte, Ruckebush y Thievened. (1979), indicaron que el contenido de nutrimentos y la digestibilidad de los excrementos animales, dependían de diversos factores tales como: la especie, la edad del animal, el estado fisiológico, el régimen alimenticio, las condiciones de confinamiento y el manejo de las heces.

Henry y Morrison. (1920); citados por Iñiguez et al. (1989), recomendaron colocar de uno a tres cerdos por becerro en el mismo corral, y así los cerdos obtuvieran los nutrimentos del estiércol del becerro y viceversa. La coprofagia es un comportamiento observado muy comúnmente entre los animales, tales como los conejos, ratas y cerdos; por lo que no es sorprendente la utilización de las excretas como fuente de nutrimentos, para estos, proveniente de su propio estiércol (Fontenot y Webbs, 1980).

Posteriormente, se observó la necesidad de procesar el estiércol antes de su utilización en mezclas alimenticias para la producción animal; ya que proporcionarlo fresco ha representado un problema potencial para su salud, debido a la presencia de microorganismos patógenos (Iñiguez et al., 1989; Fontenot et al., 1983; Bhattacharya y Taylor, 1975; McCaskey y Anthony, 1979). Además, esta práctica puede mejorar su gustosidad, así como sus características nutricionales.

Por otra parte, la salud humana y la de los propios animales, pueden verse afectadas por el incremento de los desechos orgánicos, provenientes de las explotaciones pecuarias; debido a que el estiércol comúnmente se abandona e incorpora al medio, ya sea esparcido en terrenos para cultivo, descargado en cuerpos de agua o amontonado dentro de la misma granja para su posterior uso.

Duarte et al. (1990), señalaron que el 80% de las explotaciones porcinas en México, utilizan el sistema tradicional de barrido manual en la limpieza de sus explotaciones. Por lo que el estiércol producido de estos sistemas presenta un doble problema: contaminación por olores y disposición del material orgánico.

En el mismo estudio, Duarte et al. (1990), reportaron la composición química de las excretas como ingredientes para su uso en la alimentación animal (CUADRO 1).

En relación a los datos presentados en el cuadro 1, se advierte, que las heces tienen un bajo contenido de materia seca. La cantidad de minerales es alto, siendo más elevada en el estiércol de hembras reproductoras. El contenido de proteína cruda es relativamente alto, al igual que las fracciones fibrosas (Fontenot et al., 1983; Bhattacharya y Taylor, 1975; Kornegay et al., 1977).

CUADRO 1.  
COMPOSICION DE LAS HECES DE PORCINOS (BASE SECA)

COMPONENTE (%)	TIPO DE HECES		
	INICIACION	FINALIZACION	REPRODUCTORAS
Materia Seca	28.4 ± 3.3 <sup>a</sup>	28.5 ± 3.7	38.5 ± 10.7
Proteína Cruda	27.3 ± 3.3	26.5 ± 4.1	18.9 ± 6.3
Materia Mineral	19.3 ± 2.9	21.6 ± 4.5	39.1 ± 18.5
FDN	39.7 ± 4.5	45.3 ± 4.4	48.4 ± 9.7
FDA	18.0 ± 3.4	23.2 ± 4.9	34.7 ± 12.6
Lignina FDA	3.6 ± 1.9	5.6 ± 1.4	3.7 ± 2.4
Sílice	3.4 ± 2.2	3.5 ± 1.8	16.2 ± 15.2
Celulosa	11.4 ± 2.9	12.7 ± 4.8	14.4 ± 7.2
Hemicelulosa	21.3 ± 3.6	22.1 ± 3.9	15.2 ± 5.4

a) media ± desviación estándar

Adaptado de Duarte et al. (1990)

Tratamientos comúnmente utilizados, en el procesamiento del estiércol de cerdo.

Con la finalidad de aprovechar el potencial de reciclaje que tiene el estiércol para convertirlo en un ingrediente alimenticio de gran valor, para la alimentación de los propios animales; así como mejorar sus propiedades de manejo y reducir considerablemente su calidad de contaminante; se han ideado algunas formas físicas, químicas y microbiológicas de tratarlo (Arndt et al., 1979).

1) METODOS FISICOS:

Estos métodos, incluyen los procesos de secado natural y artificial.

A) Secado Natural

Consiste en la recolección manual del estiércol, directamente de los corrales, para su posterior depósito en un área de

estercolero y secado al sol. Debe considerarse que esta área, se encuentre situada en un lugar de la granja con buena ventilación y que la capa de heces no sobrepase un espesor de 12 cm, para procurar la deshidratación natural por la acción de los rayos solares, logrando un producto seco y de fácil almacenamiento (Ochoa et al., 1989).

La desventaja que se puede observar de este proceso, son las elevadas pérdidas (35-40%) de nitrógeno y proteína, que sufren las heces durante el proceso, resultando posible además, que contengan patógenos viables no destruidos durante el mismo (McCaskey, 1990; Day 1987). Por otra lado, se requiere de un volteo continuo para asegurar un secado total, con la consecuente utilización de mano de obra extra. La generación de olores ofensivos durante el proceso puede ser elevada.

#### B) Secado Artificial

El estiércol puede ser recolectado en forma manual o mecánica. Aquí, se utiliza equipo adicional para el secado del estiércol, que puede ser desde una secadora convencional para granos o forrajes, hasta equipo más sofisticado, obteniéndose un producto fácil de manejar y de ser incluido en la dieta. Las altas temperaturas destruyen los patógenos y el producto final queda deodorizado (Day, 1987).

Como desventaja se encuentra, que la inversión en equipo es elevada y el gasto de energía durante el proceso, es costoso (Fontenot et al., 1983).

#### C) Separación de las Fracciones Sólidos-Líquidos

En este sistema, el agua que se usa para el lavado de las instalaciones de la granja, es colectada junto con los sólidos en un drenaje general. La mezcla es conducida a una fosa (cárcamo recolector) y de ahí se bombea hacia un equipo especial, en el cual se realiza la separación de sólidos y líquidos, retirándoles el exceso de humedad.

Los sólidos procesados tienen buena aceptación por los animales, y por ser un sistema en cierto punto mecanizado, podría considerarse como ventajoso; sin embargo, el costo de inversión

para el equipo, y su mantenimiento, así como el gasto de energía, es elevado. La pérdida de nutrimentos es alta si no son utilizados los líquidos, persistiendo además, el riesgo de contener patógenos, y tampoco hay control de olores (McCaskey y Anthony, 1979; Day, 1987).

Respecto al tratamiento de los desechos animales en lagunas de oxidación, el proceso requiere de grandes cantidades de agua y de una superficie extra de terreno para la construcción de la laguna. Lo cual, no siempre está disponible en una explotación. En este sistema, los olores son controlados, pero se hace necesaria la implementación de aereadores mecánicos, así como requiere de un monitoreo constante para determinar el grado de oxidación del material, siendo también sus costos de aereación por concepto de energía altos (Day, 1987).

## 2) METODOS QUIMICOS:

En este tipo de proceso, los productos químicos usados, son generalmente caros y su disponibilidad en el mercado es poco frecuente. Este tratamiento, es utilizado cuando se quieren reciclar las heces, inmediatamente después de que son recolectadas de las zahurdas. Los olores pueden ser controlados en este método, pero se requiere de equipo de mezclado adecuado; además de que algunos de los productos químicos usados son de naturaleza corrosiva y por tanto, resultan ser peligrosos para su manejo (Day, 1987; Runckle et al., 1975).

## 3) METODOS BIOLOGICOS:

Estos incluyen el ensilaje, para preservar los nutrimentos, y la fermentación microbiológica por métodos aerobios y anaerobios para degradar el nitrógeno no protéico a proteína celular (Fontenot et al., 1983).

### Proceso de Ensilaje

Posiblemente, este proceso sea el más prometedor para el reciclaje de las excretas para su uso en la alimentación animal (Arndt et al., 1979). En el cual solo se requiere de la adición, de

una fuente de azúcares de fácil degradación para inducir el proceso. Al respecto, se parte del principio de reducir el pH de la mezcla a niveles inferiores de 4.5, por la acción de bacterias acidificantes.

Para inducir a un proceso fermentativo óptimo, se han estudiado ampliamente las variables que son consideradas como clave para que este efecto se produzca, tales como: la concentración y fuente de azúcares fermentables; las cuales deben encontrarse de un 6 a 8%, como mínimo; el efecto de la temperatura, que debe ser entre 35 a 37 C y una humedad de 60% (Olguín, 1985; Iñiguez et al., 1989; McCaskey, 1979).

Las bacterias productoras de ácido que normalmente se encuentran en las heces, fermentan los azúcares solubles en agua a ácido láctico y acético. La producción de los ácidos inhibe la actividad de algunos microorganismos, principalmente coliformes y clostridios después de 72 horas de fermentación, siendo un factor importante en el descenso del pH. En consecuencia el producto final es rico en ácido láctico y otros ácidos orgánicos, lo que elimina el mal olor y la población de patógenos (McCaskey y Anthony, 1979; Day, 1987; McDonald, 1981).

Se recomienda que las fuentes de hidratos de carbono que se usen de manera alternativa para ensilar las excretas, sean de alta fermentabilidad y de uso común en las explotaciones, además de que puedan estar disponibles todo el año; como en el caso de los granos molidos, que pueden incluirse en un 10%; o de la melaza de caña, la que puede adicionarse en un 3% o más (Salazar, 1994).

Salazar (1994), encontró que las mezclas con melaza de caña alcanzan un pH de 4.5 más rápidamente, de tres a cinco días; y que las mezclas con grano molido, tienen la ventaja de añadir proteína verdadera. También concluyó, que la mezcla de grano molido y melaza con las excretas, es la mejor opción, ya que se aprovechan los efectos de estos aditivos y se logra, por las diferencias de solubilidad, dar continuidad a la fermentación de la mezcla.

El ensilaje, es un método económico y sencillo de operar, que ayuda a conservar y modificar positivamente las características nutritivas del estiércol, y una de las ventajas de su implementación, es que libera a las granjas de las aguas residuales

procedentes de la materia orgánica, generada por los animales; mejorando su calidad biológica.

Harmon et al. (1969) en un experimento con ratas, utilizando residuos de estiércol fermentado para sustituir el 24% de la ración, observaron que la ganancia de peso y el consumo de alimento de los animales del grupo experimental, fue mayor que la obtenida por el grupo control.

Iñiguez et al. (1989) utilizaron sólidos recuperados fermentados (en un fermentador cilíndrico de flujo continuo) y sin fermentar, los mezclaron con sorgo molido en una proporción de 45:55% de sólidos recuperados:sorgo, incluyéndolos en dietas para cerdos en crecimiento (25 a 60 kg) a niveles de 15 y 30% (base húmeda), observaron que en general, parece que hubo una ligera ventaja para los animales que consumieron la mezcla fermentada, aunque no mencionan a que pudo deberse este efecto.

Por otra parte Kornegay (1978), usando excretas de cerdo ensiladas con maíz, en una proporción de 40:60% respectivamente, sustituyendo el 25 y el 50% de una dieta basal de cerdos en etapa de finalización; no encontró diferencia en la ganancia diaria de peso, pero si un incremento en la cantidad de alimento consumido, consecuentemente una mayor conversión alimenticia.

En un estudio realizado por Diggs et al. (1965) señalaron que la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia en cerdos en etapa de finalización, alimentados con el 15% de estiércol deshidratado de cerdo, fueron similares a las de los animales alimentados con una dieta típica de maíz y pasta de soya. Sin embargo, encontraron bajas significativas en la ganancia diaria de peso y en la eficiencia alimenticia en cerdos alimentados con una ración de maíz y pasta de soya en la que se sustituyó un 30% de la proteína por la del estiércol deshidratado de cerdo.

El objetivo en este trabajo consistió en evaluar la respuesta productiva de cerdos en las etapas de crecimiento y finalización, alimentados con estiércol de cerdo, ya sea fresco o fermentado en diferentes proporciones, además de considerar el método de ensilaje como el proceso más económico y eficaz para el procesamiento de las excretas, antes de incluirlas en las raciones alimenticias como ingrediente.



## MATERIAL Y METODOS

La fase experimental de este trabajo fue conducida en las instalaciones de la granja experimental del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SAGAR., localizado en el km 1 de la carretera a Colón, en Ajuchitlán, Qro. La zona cuenta con un clima semiseco, con lluvias en verano, una precipitación pluvial anual de 500 mm y temperatura media anual de 26°C (Soria et al., 1987). Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal del mismo Centro.

Para llevar a cabo este experimento, se utilizaron las excretas provenientes de los cerdos en las etapas de iniciación a finalización (20-100 Kg de peso vivo), los cuales fueron alimentados con una dieta convencional sorgo-pasta de soya (14-16% proteína cruda).

El excremento fue recolectado directamente, mediante el sistema de barrido y paleado, para ser pesado y llevado después al estercolero en donde se ubica el silo. Se determinó el Análisis Químico Proximal de las heces frescas (Tejada, 1985).

Se usó un silo tipo trinchera, con muros de ladrillo enjarrados y pulidos con cemento, de 1m de ancho por 1m de altura y 2m de fondo. La preparación del ensilaje que se utilizó en la alimentación de los animales, empleó todo el estiércol generado diariamente en la granja, excepto de los animales reproductores, hasta completar la capacidad de almacenaje del silo.

Conforme a la cantidad de heces recolectadas, se les agregó sorgo y melaza de caña; en proporciones de 10 y 3% respectivamente, y un inóculo comercial (2.5% de la mezcla en base seca, Apéndice A), con el objeto de adicionar 8% de hidratos de carbono a la mezcla. Lo anterior se realizó con la finalidad de asegurar una buena fermentación. Una vez incluidos los ingredientes al estiércol, se mezclaron hasta homogeneizarlos y posteriormente se depositó el producto obtenido en el silo, el cual fue cubierto con nylon y se comprimió para extraer el aire.

Para la realización de la prueba de comportamiento productivo, se usaron 24 animales, machos castrados y hembras, producto de cruzamientos alternos Landrace X Duroc, con un peso inicial promedio de  $35 \pm 4.24$  kg.

Los animales fueron alojados en corraletas individuales, de tipo frente abierto, con piso y paredes de concreto ( $1.2 \text{ m}^2$ ), comedero tipo tolva y bebedero de chupón. Se les ofreció agua y alimento a libertad durante un período de adaptación de 10 días, para determinar su consumo de materia seca. Los animales fueron vacunados contra fiebre porcina clásica y desparasitados con levamisol al 12 %, antes del inicio de la prueba.

Las dietas experimentales fueron preparadas ajustándose a los requerimientos del NRC (NRC, 1988), para cerdos en crecimiento con una dieta convencional sorgo-pasta de soya (CUADRO 2).

**CUADRO 2.**  
**INGREDIENTES DE LA DIETA CONTROL**  
**UTILIZADA EN LA PRUEBA DE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO**

INGREDIENTE Y/O NUTRIMIENTO	CANTIDAD %
Sorgo/grano	50.48
Pulido de arroz	24.00
Pasta de soya	16.10
Harina de carne	4.25
Melaza	3.00
Aceite crudo	1.00
NaCl	0.35
Mezcla de vits. y minerales	0.82
Lisina HCl	0.01

**CUADRO 3.**  
**ANALISIS CALCULADO DE NUTRIMENTOS**

Energía metabolizable	3.2 Mcal/Kg
Materia seca	89.2%
Proteína cruda	17.3%
Calcio	0.65%
Lys	0.86%
Treonina	0.58%

Los animales fueron distribuidos al azar en 5 tratamientos como se indica en el cuadro 4:

Tratamiento 1, control (dieta convencional), Tratamiento 2, 85% de la dieta control+15% de estiércol fresco, Tratamiento 3, 70% de la dieta control+30% de estiércol fresco, Tratamiento 4, 85% de la dieta control+15% de estiércol fermentado, Tratamiento 5, 70% de la dieta control+30% de estiércol fermentado.

El criterio de sustitución del concentrado por el estiércol fue hecho con base a materia seca, para observar el efecto del consumo voluntario por los animales.

La duración de la prueba fue de 28 días. Durante su transcurso los animales fueron pesados semanalmente con fines de supervisión; ofreciéndoles el alimento dos veces al día, por la mañana y por la tarde, a intervalos regulares, y retirándoles los residuos diariamente por las mañanas, para su posterior pesaje y conservación del 10% del rechazo para su análisis en contenido de nitrógeno y materia seca. Lo anterior con el fin de determinar si los animales seleccionaron el concentrado o si el estiércol fresco o fermentado fueron segregados.

**CUADRO 4.**  
**DIETAS EXPERIMENTALES (% EN BASE SECA) UTILIZADAS**  
**EN LA PRUEBA DE COMPORTAMIENTO**

TRATAMIENTOS	CONTROL	HECES FRESCAS		HECES FERMENTADAS	
	100	15%	30%	15%	30%
CONTROL	100	85	70	85	70
HECES FRESCAS	---	15	30	---	---
HECES FERMENTADAS	---	---	---	15	30

Los criterios de respuesta que se evaluaron fueron: consumo diario de alimento (CDA), consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP) y eficiencia alimenticia (EA).

Los datos fueron sometidos a un Análisis de Covarianza, bajo un diseño de bloques al azar (SAS. 1985), en donde el factor a bloquear fue el sexo, considerando el peso inicial como covariable, en 5 tratamientos y 24 unidades experimentales. En las comparaciones planeadas y sus interacciones en sus efectos mayores de significancia ( $P < 0.05$ ), se emplearon coeficientes ortogonales (Steel y Torrie, 1980).

El modelo estadístico utilizado en este trabajo para explicar la variación de todos los criterios de respuesta fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + \delta_{j(i)} + T_k + BT_{ik} + \beta(x - \bar{x}) + \epsilon_{1(ijk)}$$

en donde:

$\mu$  = media de los tratamientos

$B_i$  = efecto del i-ésimo bloque

$\delta_{j(i)}$  = error de restricción asociado al efecto del i-ésimo bloque

$T_k$  = efecto del k-ésimo tratamiento

$BT_{ik}$  = efecto de la interacción del i-ésimo bloque con el k-ésimo tratamiento

$\beta(x - \bar{x})$  = efecto de la covariable peso inicial, utilizando la desviación de la observación con respecto a la media general.

$\epsilon_{1(ijk)}$  = error experimental

## RESULTADOS

La estadística descriptiva de las variables de interés se encuentra en el cuadro 5. El peso inicial promedio de los animales, para la prueba fue de 35.24 kg y el peso promedio a los 28 días fue de 50.61 kg, con una ganancia diaria de peso de 0.549 en promedio y total de 15.37 kg.

El promedio del consumo diario de alimento en base húmeda fue de 2.27 kg y en base seca de 1.58 kg, y el consumo promedio total durante toda la prueba fue de 63.58 kg y 44.35 kg, respectivamente.

Para la eficiencia alimenticia, cuando el alimento fue ofrecido en base húmeda, el promedio fue de 0.246 g y en base seca fue de 0.343 g.

**CUADRO 5.  
MEDIAS GENERALES**

Variables (kg)	Medias	Desviación Estándar	Mínimos	Máximos
Peso inicial	35.24	4.24	26.75	42.75
Peso a los 28 días	50.61	7.18	42.00	65.25
CDBH	2.27	0.42	1.41	3.16
CDBS	1.58	0.30	0.96	2.23
CDABH	63.58	11.67	39.56	88.43
CDABS	44.35	8.33	26.82	62.53
EABH	0.25	0.08	0.09	0.40
EABS	0.34	0.08	0.16	0.48
GDP	0.55	0.19	0.24	0.97
GDPT	15.37	5.37	6.75	27.25

CDBH=consumo diario de alimento en base húmeda; CDBS=consumo diario de alimento en base seca; CDABS=consumo total de alimento en base seca; EABH=eficiencia alimenticia, cuando el alimento fue ofrecido en base húmeda; EABS=eficiencia alimenticia, al ofrecerse el alimento con base a materia seca; GDP=ganancia diaria de peso; GDPT=ganancia diaria de peso total.

Los resultados del análisis de varianza señalaron que el efecto de tratamiento fue significativo ( $P < 0.05$ ) para la eficiencia alimenticia, cuando el alimento se proporcionó en base húmeda (Apéndice B) y para la ganancia diaria de peso (Apéndice C) y al comparar las medias de cuadrados mínimos (cuadro 6), se observó que se obtuvo una mejor respuesta para el alimento control a diferencia de los tratamientos en los que se incluyó estiércol (0.845 g vs 0.498 g). No se presentaron interacciones tratamiento por sexo y el

peso inicial no tuvo efecto significativo ( $P > 0.05$ ) para ninguna de las dos variables.

En el caso de la eficiencia alimenticia, cuando se ofreció el alimento en base húmeda, los contrastes: control contra los tratamientos que contienen estiércol y el nivel de inclusión de 15% contra el 30% ( 0.376 g vs 0.219 g y 0.253 g vs 0.185 g), fueron significativos ( $P < 0.05$ ), y al tiempo que el contraste estiércol fresco contra fermentado, para la ganancia diaria de peso, y la interacción nivel de inclusión por tipo de estiércol, (0.443 g vs 0.553 g), no mostraron significancia ( $P > 0.05$ ). Sólo el contraste control contra otros tipos de tratamiento, fue significativo ( $P < 0.05$ ) para la ganancia diaria de peso.

Las variables de respuesta eficiencia alimenticia, cuando el alimento fue ofrecido con base a materia seca, consumo diario de materia seca y consumo diario de alimento; no mostraron variaciones significativas para ninguno de los efectos del modelo (Apéndices D, E y F).

Al día 14 de iniciada la prueba de comportamiento, un animal fue excluido, debido a que presentó diarrea severa. El animal recibía el tratamiento con base a estiércol fresco con nivel de inclusión en la dieta de 30% (tratamiento 3).

Todos los animales presentaron signos de diarrea durante algún período del transcurso de la prueba. Se observó que los animales que recibieron estiércol fresco fueron los que presentaron mayor número de días con diarrea (11.5 días en promedio), seguidos por los que consumieron estiércol fermentado (9 días en promedio) y finalmente los del tratamiento control (5 días en promedio), durante los 28 días que duró el período de alimentación.

**CUADRO 6.**  
**Medias de Cuadrados Mínimos**

TRATAMIENTOS VARIABLES	1	2	3	4	5
CDMS (E.E.)	1.970 (0.152)	1.407 (0.121)	1.471 (0.132)	1.647 (0.120)	1.560 (0.120)
CDBH (E.E.)	2.257 (0.215)	2.078 (0.171)	2.684 (0.187)	2.161 (0.170)	2.353 (0.170)
GDP (E.E.)	0.845 <sup>b</sup> (0.729)	0.407 <sup>a</sup> (0.121)	0.425 <sup>a</sup> (0.079)	0.615 <sup>ab</sup> (0.072)	0.491 <sup>a</sup> (0.120)
EAMS (E.E.)	0.431 (0.046)	0.332 (0.037)	0.293 (0.040)	0.369 (0.037)	0.312 (0.037)
EABH (E.E.)	0.376 <sup>c</sup> (0.031)	0.226 <sup>ab</sup> (0.025)	0.162 <sup>a</sup> (0.027)	0.281 <sup>b</sup> (0.025)	0.207 <sup>ab</sup> (0.025)

(E.E.)= error estándar; CDMS=consumo diario de materia seca; CDBH=consumo diario de alimento en base húmeda; GDP=ganancia diaria de peso; EAMS=eficiencia alimenticia, cuando se ofreció el alimento con base a materia seca; EABH=eficiencia alimenticia, cuando el alimento fue ofrecido en base húmeda.

Medias en el mismo renglón, con distinta literal son diferentes (P<0.05).

## DISCUSION

Los resultados obtenidos en este experimento, han sido importantes para determinar que es necesario considerar la etapa productiva de los animales, en la cual sea más recomendable alimentarlos con los tratamientos aplicados o cuál proporcione las mejores respuestas.

En este trabajo se observó que la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia disminuyeron cuando se incluyó en la ración estiércol fresco o fermentado de cerdo (0.845 g vs 0.498 g y 0.376 g vs 0.250 g, respectivamente). Estos resultados son similares a lo observado por Diggs et al. (1965), quienes encontraron que al alimentar cerdos en etapa de finalización con 15% de estiércol de cerdo deshidratado y con una dieta típica de maíz y pasta de soya; la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia fueron similares para ambos tratamientos, pero al sustituir en un 30% la proteína del alimento control por la de estiércol deshidratado, la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia disminuyeron significativamente. A pesar de que en este estudio no se usaron heces deshidratadas, los resultados en ambos trabajos concuerdan.

Los cambios en ganancia de peso y eficiencia alimenticia, tal como se ofrece el alimento, pudieron deberse a que los nutrimentos contenidos en las heces, poseen baja digestibilidad, lo que concuerda con lo señalado por Salazar (1994), quien mencionó que conforme se incrementó el nivel de inclusión de estiércol en la ración, disminuyó la digestibilidad de la misma.

El nivel de inclusión del estiércol tuvo efecto solamente sobre eficiencia alimenticia, tal como se ofrece el alimento, donde se observó que la respuesta de los animales al nivel del 15% de heces en la ración, fue mejor en comparación a la que se obtuvo cuando se incluyó el 30%. Estos resultados son muy similares a los reportados por Orr et al. (1971), Kornegay (1978) y por Salazar (1994), de los que se puede concluir que conforme aumentó el nivel de inclusión de heces, no se obtienen cambios en la ganancia diaria de peso o esta es muy baja, pero si una disminución en la eficiencia alimenticia, lo que posiblemente se deba a la baja



calidad de proteína aportada en el estiércol o a que su bajo contenido de energía, no cumpla con los requerimientos de los animales y que su gran proporción de humedad, las hagan ser menos aprovechables (Salazar, 1994).

Al comparar el uso de estiércol fresco contra el fermentado, se observó que la inclusión de heces fermentadas en la ración no afectó la ganancia diaria de peso, pero se observó una mejora en la eficiencia alimenticia, cuando se proporcionó el alimento en base húmeda ( $P < 0.01$ ). Estos resultados se asemejan a los señalados por Iñiguez et al, 1989, quienes al comparar sólidos recuperados fermentados y sin fermentar, observaron que aparentemente hubo una ligera ventaja para los animales que consumieron la mezcla fermentada, pero no mencionan a que pudo deberse este efecto.

Por otro lado al comparar los niveles de inclusión de estiércol del 15% y del 30%, no se encontró efecto alguno sobre la ganancia de peso diaria pero si un efecto marcado sobre la eficiencia alimenticia, al ofrecerse el alimento en base húmeda ( $P < 0.05$ ), siendo los animales que recibieron el 15% de estiércol mas eficientes que los que recibieron el 30%.

Finalmente, no se encontró efecto de tratamiento para la eficiencia alimenticia, cuando se ofreció el alimento con base a materia seca, posiblemente debido a que los animales consumieron mayor cantidad de alimento, en la etapa final del trabajo, para cubrir sus requerimientos de materia seca, pues con excepción del concentrado, todos los tratamientos tenían alto contenido de humedad, lo cual pudo provocar que fueran ineficientes.

En lo que concierne al retiro de un animal de la prueba, aunque no se determinó la causa de la diarrea, es posible que existiera un efecto detrimental en los tratamientos experimentales aplicados, lo que provocó que se presentaran problemas gastrointestinales en los animales. Aunque no se encontraron diferencias significativas en algunas de las variables bajo estudio, es recomendable realizar estudios adicionales para determinar cuales fueron las causas que produjeron este efecto y reducir así cualquier problema al utilizar al estiércol como ingrediente alimenticio.

## CONCLUSIONES

La utilización de estiércol ensilado al 15% de la ración puede ser una opción recomendable ya que no afectó las variables productivas de consumo de alimento, ganancia de peso diaria o eficiencia alimenticia en base seca.

No se recomienda la inclusión de más del 15% de estiércol o la inclusión de estiércol fresco en dietas para cerdos de 35 a 65 kg. de peso.

## LITERATURA CITADA

Arndt D.L., Day D., and Hatfield E.E. 1979. Processing and handling of animal excreta for refeding. *J. Anim. Sci.* 48(1):157-162.

Bhattacharya A. N., and Taylor J.C. 1975. Recycling animal waste as feedstuff: a review. *J. Anim. Sci.* 41:1438.

CONAGUA. 1991. Guía para la determinación del importe del derecho por descargas de aguas residuales industriales. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Planeación y Finanzas.

Day D.L. 1987. Processing animal wastes for feed ingredients. Paper for the Congress of Latin American Veterinarian Specializing in swine. Held at Acapulco, México. sept. 22-26.

Diggs B.G., Beckér D.E., Jensen A.H., and Norton H.W. 1965. Energy value of various feeds for the young pig. *J. Anim. Sci.* 24:555.

Duarte V.F., Magaña C.A. y Rodríguez G.F. 1990. Utilización de heces en la alimentación animal. I. Caracterización químico-nutricional de heces de bovinos y porcinos. *Tec.Pec.Méx.* Enero-Abril. 22-29.

Fontenot J.P., and Webbs K.E. 1980. Animal waste utilization. In: *Livestock waste: A renewable resources.* 3-10.

Fontenot J.P., Smith L.W., and Sutton A.L. 1983. Alternative utilization of animal wastes. *J. Anim. Sci.* 57(2):221-223.

Harmon B.G., Jensen A.H., and Baker D.H. 1969. Nutritional value of oxidation ditch residue. *J. Anim. Sci.* 29:136.

Harmon B.G. 1974. Potential for recycling swine waste feedstuffs. 46(9):40-42.

Iñiguez C.G., Franco M. de J.G. y Alba J.F. 1989. Estudio preliminar para la fermentación en sustrato sólido, de sólidos recuperados de estiércol de cerdo y sorgo. Memorias del 1er. Ciclo de Conferencias sobre Microbiología Pecuaria. Chapingo, Edo. de México.

Orr D.E., Miller E.R. Ku P.K, Bergan W.G., and Ulrey D.E., 1971. Recycling of dried waste in swine. J. Anim. Sci. 33:1152.

Kornegay E.T., Holland M., Wegg E., and Hedges J. 1977. Nutrient Characterization of swine fecal wastes and utilization of these nutrient by swine. J. Anim. Sci. 44:608-619.

Kornegay E.T. 1978. Let them eat waste. Hog farm management. 15(6):50.

Lindley J.A. 1982. Processing manures for feed componentes. Ch. 3. In: Researchs results in manure digestion, runoff refeeding and odor. North Central Regional Research Publication. N\_ 284. Printed by the Midwest Plan service as MWPS-25, Ames, IA. 17-30.

McCaskey T.A., and Anthony W. B. 1979. Human health as aspects of feeding livestock excreta. J. Anim. Sci. 41:163-167.

McCaskey T.A., 1990. Health aspects associated with the feeding of swine waste. 1er Ciclo Internacional de conferencias sobre el manejo y aprovechamiento del estiércol de cerdo. Guadalajara, Jalisco, México.

McDonald P. 1981. The biochemistry of silage. Wiley and sons. Chichester.

NRC. 1988. Nutrient requirements of swine. In: Nutrient requirements of domestics animals. 9th Ed. revised. National Academy of Sciences. National Reseach Council. Washington, D.C.

Ochoa C. M., Medina J.L. y Barrón G. 1989. Efecto de la desecación natural de la cerdaza sobre su composición química y contaminación por agentes patógenos. Acta científica. Vol XI N\_1 enero-junio. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. 9-14.

Olguín P.E. 1985. Producción de alimentos no convencionales para consumo animal. En: Prospectiva de la biotecnología en México. Fundación "Javier Barros Sierra" y CONACyT. 149-173.

Ruckebush Y., and Thievend P. 1979. Digestive physiology and metabolism in ruminant. MTP. Press Limited. Lancaster, England.

Runckle A.S., Mitchel D.J., and Hatfield E.E. 1975. Feedlot waste a non-polluting and nutritious potential resource for plants and animals. Beef Cattle Day Rep. Univ. of Illinois, March, 8.

Salazar G.G. 1994. Manejo del estiércol de cerdo para su reciclaje en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento-finalización. Tesis Maestría. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán Izcalli, Edo.de México.

SAS. 1985. SAS User's Guide: Statistics (Version 5 Ed.). SAS Inst. Inc., Cary, N.C.

Smith L.W. 1973. Recycling animal wastes as protein sources. In: Alternative sources of protein for animal production. Proceedings a Symposium of the National Academy of Science. Washington, D.C.

Soria R., Aveldaño S. y Ortega S. 1987. Levantamiento fisiográfico del Estado de Querétaro. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, México.

Steel R.G., and Torrie J.H. 1980. Principles and Procedures of Statics. (2nd. Ed.) McGraw-Hill. Inc. book Co., 1980. New York.

Suárez B., y Barkin D. 1990. Porcicultura. Producción de traspatio, otra alternativa. Centro de Ecodesarrollo. México.

Tejada de H. I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. 1ª Ed. PAIEPEME A.C.

Viniegra G.G. 1985. La biotecnología en la industria Agroalimentaria. En: Prospectiva de la biotecnología en México. Fundación "Javier Barros Sierra" y CONACyT.

Apéndice A.

MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL INOCULO COMERCIAL DE BACTERIAS  
ACIDIFICANTES\*

INDICADOR	CANTIDAD/gramo de producto
Streptococcus faecium	10 000 000 UFC**
Lactobacillus plantarum	10 000 000 "
Lactobacillus acidophilus	1 000 000 "
Enzimas	0.125 UI

Vehículos

derivados de cereales y mieles  
incristalizables

\*SILL-ALL. Laboratorios APLIGEN.

\*\* UFC. unidades formadoras de colonias.

Apéndice B.

ANALISIS DE VARIANZA PARA EFICIENCIA ALIMENTICIA CUANDO EL ALIMENTO SE PROPORCIONO EN BASE HUMEDA.

Fuente de variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>F
Modelo	10	0.114	0.114	3.87	0.015
Error	12	0.035	0.003		
Total	22	0.150			

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>F
TRT	4	0.094	0.023	7.95	0.002
SEX	1	0.001	0.001	0.50	0.493
TRT*SEX	4	0.001	0.000	0.16	0.957
NPI	1	0.001	0.001	0.41	0.533

Contrastes	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>f
Control vs Estiércol	1	0.063	0.063	21.45	0.000
15% incl vs 30% incl	1	0.022	0.022	7.44	0.018
E.Fre. vs E.Fer.	1	0.011	0.011	3.86	0.073
Int niv incl*tipo Est.	1	0.000	0.000	0.04	0.843



Apéndice C.

ANALISIS DE VARIANZA PARA GANANCIA DIARIA DE PESO.

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>F
Modelo	10	0.453	0.045	1.81	0.164
Error	12	0.300	0.025		
Total	22	0.754			

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>F
TRT	4	0.398	0.099	3.97	0.028
SEX	1	0.001	0.001	0.39	0.545
TRT*SEX	4	0.053	0.013	0.53	0.718
NPI	1	0.011	0.011	0.46	0.512

Contrastes	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>F
Control vs Estiércol	1	0.311	0.311	12.41	0.004
15% incl vs 30% incl	1	0.029	0.029	1.18	0.230
E.Fre. vs E.Fer.	1	0.054	0.054	2.17	0.166
Int niv incl*tipo Est	1	0.009	0.009	0.35	0.556

Apéndice D.

ANALISIS DE VARIANZA DE EFICIENCIA ALIMENTICIA, AL PROPORCIONARSE  
EL ALIMENTO CON BASE A MATERIA SECA.

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>F
Modelo	10	0.054	0.005	0.83	0.607
Error	12	0.078	0.006		
Total	22	0.132			

Apéndice E.

ANALISIS DE VARIANZA DE CONSUMO DIARIO DE MATERIA SECA

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>F
Modelo	10	1.115	0.111	1.61	0.216
Error	12	0.832	0.069		
Total	22	1.947			

Apéndice F.

ANALISIS DE VARIANZA PARA CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO EN BASE HUMEDA.

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr>F
Modelo	10	2.162	0.216	1.56	0.230
Error	12	1.661	0.138		
Total	22	3.823			