

2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS EN FINALIZACION AL ADICIONAR ENSILADO DE EXCRETAS PORCINAS EN SU DIETA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :
ALMA ROSA ALVARADO RODRIGUEZ

ASESORES:

- MVZ FRANCISCO A. CASTREJON PINEDA
- MVZ MARCO ANTONIO HERRADORA LOZANO
- MVZ RAFAEL OLEA PEREZ
- MVZ M^o DEL PILAR PEREZ OLVERA



MEXICO, D. F.,

1999

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

274865



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS EN FINALIZACIÓN AL ADICIONAR
ENSILADO DE EXCRETAS PORCINAS EN SU DIETA**

**Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

De la

**Universidad Nacional Autónoma de México
Para la obtención del título de
Médica Veterinaria Zootecnista**

por

Alma Rosa Alvarado Rodríguez

Asesores

**MVZ Francisco A. Castrejón Pineda
MVZ Marco Antonio Herradora Lozano
MVZ Rafael Olea Pérez
MVZ M^ª del Pilar Pérez Olvera**

**México, D.F.,
1999**

DEDICATORIA

A mis padres, abuelas, hermanas, familiares, profesores y amigos que me han apoyado durante toda mi vida, especialmente en los momentos difíciles.

A todos los animales que durante mi formación profesional contribuyeron, en algunas ocasiones con su vida, a que desarrollara las capacidades prácticas necesarias para formar un conocimiento basado en el respeto, amor y verdad.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Raúl y Lydia, por su amor, enseñanzas y apoyo en todo momento. A mis hermanas, Verónica y Lydia, por brindarme su respeto y apoyo. A mis abuelas, Mashí y Lila, por enseñarme mediante su ejemplo la bondad y el esfuerzo para salir adelante. A mi tío Juan por ser un super tío.

A mis familiares, familia Granados Rodríguez, Ramírez Nuñez, Vázquez, Rodríguez Migueles, Deleyne Rodríguez, Alvarado Rodríguez, por contribuir a formar una mejor persona de mí y por darme tanto amor.

A todos los profesores que con su dedicación, sabiduría y amistad ayudaron a crear una gran parte de mi mentalidad profesional, en especial al Prof. Juan Manuel Barragán Tame, MVZ Cristina Cuarón, MVZ Rocío Godoy, MVZ Miguel Angel Martínez Castillo, MVZ Francisco A. Castrejón Pineda, MVZ Patricia Noé, Dra. Rosa María García Escamilla, MVZ J. Fernando Nuñez Espinosa, MVZ Luis Ramón Nolasco.

A mis asesores de trabajo de tesis, por su paciencia, consejos y tiempo brindado. En especial a MVZ Marco Antonio Herradora Lozano, Ma. del Pilar Pérez Olvera y MVZ Francisco A. Castrejón Pineda.

A mis amigos, "La Che bo", Mary, Gustavo, Edith, Lilliana, Carmen, Eréndira, Ruth, Verónica Miranda, Mónica Juárez, etc. por brindarme su amistad incondicional y apoyarme en todo momento. Al Dr. Francisco A. Castrejón Pineda, por toda la paciencia, amistad y sabiduría que brindada tanto en el ámbito profesional como personal. A la Brigitte, Viernes, Negra, Blacky, Ratic, Peric, Espíritu, Torbellino, por enseñarme a respetar y admirar su capacidad de vivir y amar.

A todas las personas que contribuyeron directa o indirectamente a la realización de esta tesis, laboratoristas (Fer, Beto, Sr. Angulo), trabajadores del CEIEPP, alumnos de la estancia invierno '97 en el CEIEPP (en especial a Mireya), tesisistas y servicios sociales del CEIEPP invierno '97- primavera '98 (en especial a Marco, Samuel, y Hugo). A los MVZ Juan Horta y Silvia Buntinx, por sus consejos para mejorar la presente tesis.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico en el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, proyecto IN210997, por su aportación económica.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MATERIAL Y MÉTODOS.....	30
RESULTADOS	34
DISCUSIÓN.....	35
LITERATURA CITADA.....	45
CUADROS	51
FIGURAS.....	63

RESUMEN

ALVARADO RODRÍGUEZ, ALMA ROSA. Comportamiento productivo de cerdos en finalización al adicionar ensilado de excretas porcinas en su dieta (bajo la dirección de: Francisco A. Castrejón Pineda, Marco Antonio Herradora Lozano, Rafael Olea Pérez, M^a del Pilar Pérez Olvera).

Con el propósito de estudiar alternativas de alimentación en los cerdos que disminuyan el impacto de las excretas sobre el ambiente sin reducir el comportamiento productivo, se utilizaron 94 cerdas y 32 cerdos castrados de una craza terminal, en finalización (64 ± 8 kg PV), para evaluar la inclusión de ensilado de cerdaza en la ración. El ensilado estuvo integrado por 82% de fracción sólida de excretas porcinas, 10% de sorgo molido y 8% de melaza de caña de azúcar. Se utilizó un diseño de bloques (semana de ingreso a la prueba) completos al azar con tres tratamientos, 0 (T1), 15% (T2) y 30% (T3) de ensilado de excretas en una dieta basal de sorgo-pasta de soya. Las variables de respuesta evaluadas fueron ganancia total de peso por corral (GTPc), ganancia total de peso por animal (GTPa), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia diaria de peso ajustada a 104.42 Kg de PV (GDPa), consumo de materia seca por corral (CMS), y conversión alimenticia (CA). Los resultados no mostraron diferencia significativa ($P > 0.05$) en las variables GTPc (211.17 Kg), GTPa (30.81 Kg), GDP (0.753 Kg) y CTA (598.57 Kg) entre los tratamientos. La GDPa fue mayor ($P < 0.05$) en T2 (0.692 Kg) en comparación con T1 (0.659 Kg) y T3 (0.633 Kg), y entre estos dos últimos la GDPa fue similar ($P > 0.05$). La CA fue mejor ($P < 0.05$) en T3 (2.69 Kg) que en T1 (2.99 Kg), sin diferencia significativa ($P > 0.05$) con T2 (2.84 Kg). Se concluye que, bajo las condiciones del presente trabajo, es posible sustituir hasta 30% de ensilado de fracción sólida de excretas porcinas en la alimentación de cerdos en etapa de finalización sin afectar los parámetros de producción, sin embargo, la inclusión de ensilado de cerdaza eleva los costos por alimentación. No siendo considerado el análisis económico en la investigación.

INTRODUCCIÓN

La exigencia cada vez mayor, del mercado de productos porcinos, ha provocado que los productores y profesionales relacionados con la actividad porcícola, busquen alternativas de producción más eficientes, ya sea, en el ámbito productivo, económico y/o ecológico. Respecto a este último, si las excretas no son manejadas y recicladas adecuadamente, pueden convertirse en un problema para la flora, fauna, animales de la granja y personas relacionadas con ésta. No es una novedad el uso de excretas animales, ya sea como fertilizante o para la alimentación animal, esta última alternativa ha sido estudiada ampliamente desde fines de los años 60's, ideándose diferentes procesos para su manejo como ingrediente en raciones para animales.

El uso de excretas en la alimentación animal, es el método más económico en el empleo de este recurso recuperable, disminuyendo el problema de contaminación, así como los costos de alimentación, aumentándose las fuentes de nitrógeno y minerales esenciales disponibles (1). Un método prometedor para reciclar las excretas animales, a sido el ensilaje de éstas, para así integrarlas en las dietas animales (2,3).

REVISIÓN DE LITERATURA

RAZONES PARA BUSCAR MÉTODOS ALTERNATIVOS DE ALIMENTACIÓN EN CERDOS.

La porcicultura nacional, como cualquier otra empresa, está en una constante búsqueda de alternativas para incrementar su eficiencia de operación, investigando e incorporando nuevas tecnologías que permitan el aprovechamiento de insumos económicos y/o de fácil adquisición, como son los subproductos orgánicos derivados directa o indirectamente del sector pecuario.

Dado el acelerado y constante aumento en los costos que representan las materias primas destinadas a la alimentación animal, entre el 60 y 85% de los costos de producción son por concepto de alimentación (4,5); siendo indispensable la búsqueda métodos alternos de alimentación del cerdo que permitan la disminución de los costos de alimentación para el porcicultor y una reducción en la demanda de materias primas tradicionales (6,7).

PRODUCCIÓN DE ESTIERCOL

Los desechos producidos en las granjas porcinas están constituidos por estiércol, compuesto en 2/3 por orina (95% de humedad) y 1/3 por heces (75.8% de humedad), produciéndose así aguas residuales que equivalen al 4% del peso vivo (40-50 L / animal / día) y gases como el amoníaco y el sulfuro de hidrógeno (8).

La cantidad de excretas que produce un cerdo depende de varios factores, algunos de éstos son la edad del animal, madurez fisiológica, cantidad y calidad del alimento consumido, cantidad de agua consumida y el clima, entre otros (9). La estimación para calcular la cantidad de estiércol producido por el cerdo se proporciona en porcentaje de su peso vivo (PV), o bien con relación a los kilogramos de carne producida o a los Kg de desechos producidos por animal, tomando en cuenta su peso promedio y la etapa de crecimiento (Cuadro 1), o mediante el cálculo del porcentaje de alimento consumido.

Pérez (1997), menciona que un cerdo de 100 Kg de peso vivo (PV), produce 6.17 Kg de heces y orina al día; así, la producción mínima de desechos representa el 6.17% del PV en la granja. Conrad *et al.* (1971), estimaron que los cerdos en la etapa de crecimiento-finalización producen excretas diariamente en un 5 a 8% de su PV. Otras investigaciones han estimado que por cada 60 Kg de carne de cerdo producidos en granja, los animales generan 10 veces más orina y excremento (11). Para Day (1988), un cerdo genera 12 Kg de estiércol por Kg de carne producida.

A pesar de la enorme variación en la cantidad de desechos producidos en una granja de cerdos con relación al peso vivo de los animales y de los sistemas de limpieza que se utilizan en las granjas, se estima que la producción diaria promedio por cerdo es de 5.4 kg de desechos; así una población de cerdos que en México, de acuerdo con el inventario porcino de 1995, se ha mantenido en 14.4 millones de cabezas, genera una producción diaria promedio de casi 80 mil toneladas de excretas (12).

Otra manera de estimar la cantidad de desechos producidos es mediante el promedio de alimento consumido (base húmeda/día) y la digestibilidad de la dieta. Dietas con mayor cantidad de fibra y con menor coeficiente de digestibilidad de la materia seca (MS), resultarán en mayor MS de excretas producidas en cualquier etapa. Al parecer en los cerdos, es una buena estimación de la producción de MS de excretas, el 16% del alimento consumido (10).

USOS DEL ESTIERCOL

El uso que se le da a las excretas animales es muy variado:

a) Como fertilizante. Las excretas han sido utilizadas desde la antigüedad como fertilizantes, por ser una fuente de nutrientes para las plantas gracias a que aportan minerales como nitrógeno, fósforo y potasio (11). Sin embargo, a partir de la segunda mitad de este siglo, la disposición de fertilizantes químicos de bajo costo, ha ocasionado la disminución en el uso de excretas para este fin (13). La porción líquida de los desechos puede ser utilizada en el riego de campos y la parte sólida como mejorador de suelos (1).

El uso de las excretas como fertilizante exige tener en cuenta varias consideraciones, (14):

- En primer lugar y como condición previa, se debe conocer con máxima precisión la composición de las deyecciones.
- Características de los suelos.

- Necesidades de los cultivos.
- Reservas fertilizantes de los suelos.
- Pérdida de elementos fertilizantes de los residuos. No debe olvidarse que en la fase de almacenamiento y vertido se pierden importantes cantidades de nitrógeno amoniacal desde un 15 hasta un 60% y éste puede representar hasta el 70% del nitrógeno total.
- Forma de vertido.
- Época de vertido.

Una aplicación común es de 24 toneladas de desechos por hectárea de campo cultivable (15).

b) Producción de microalgas. Este concepto es introducido a fines de los años 50's, probándose que se pueden utilizar aguas residuales para obtener proteína vegetal (16)

c) Producción de larvas o pupas de mosca como fuente de proteína en la alimentación animal. El estiércol fresco porcino es usado como sustrato en la ovoposición de las moscas. También se obtiene humus, el cual puede ser usado como un fertilizante orgánico (17).

d) Producción de energía. Las excretas pueden ser digeridas anaeróticamente para formar biogas que puede ser empleado como combustible para calentamiento o utilizados en generadores de vapor para finalmente poner en marcha generadores eléctricos (18). También se han utilizado excretas desecadas como combustible para calefacción (6).

e) La incorporación de los desechos en la alimentación animal (3). El uso de las excretas en la alimentación animal obedece a su elevado contenido de nitrógeno y materia mineral, que son su principal riqueza, aunque cuenta con una pobre concentración de energía. Desde fines de los años 60's se ha dado una intensa investigación para el uso de los nutrimentos contenidos en las excretas como fuente alterna en la alimentación animal (19). Las excretas porcinas empiezan a ocupar un lugar como ingrediente reciclable, tanto en estado fresco como procesadas (5).

VALOR ECONÓMICO Y CONSIDERACIONES ECONÓMICAS DEL USO DE LAS EXCRETAS.

Si se consideran las excretas animales como alimento que no fue digerido y que todo alimento representa un gasto, se puede concluir que todo lo que se está eliminando por el drenaje es dinero, por lo tanto, si se recuperan las excretas, se pueden abatir costos de producción (20). Es bien conocido que los desechos animales poseen un valor económico como fuente de nutrientes para las plantas y como mejoradores de las características físicas de suelos, al adicionar materia orgánica (21). Sin embargo, los resultados que obtuvo Fontenot *et al.*(1983), al comparar el uso de los desechos animales como fertilizante, como alimento o como generador de metano, concluyeron que el mayor potencial de uso redituable de las excretas es como alimento (79%), ya sea al reciclarlas en los animales propios de la explotación o en otras especies animales; en segundo lugar su empleo como fertilizante (11%) y finalmente como generador de metano (10%), ya que se debe considerar que las excretas como fertilizante no se pueden aplicar a las tierras de cultivo en cualquier momento o no se dispone de la cantidad suficiente de tierra para verterlas. Por otra parte, los desechos a utilizar deben presentar ciertas características que cumplan con los reglamentos destinados a impedir la contaminación de los suelos (3,4,23). La utilización de biogas presenta como principal desventaja, el tener un menor valor como combustible que el gas natural y el butano (1).

Las excretas porcinas poseen valor como insumo alimenticio por su contenido, fibra cruda (FC), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), etc., de tal manera que una granja de mil hembras reproductoras puede producir 120 Kg de PC al día y 400 ton al año (9).

Existen ideas encontradas entre los diferentes autores sobre si el reciclaje de las excretas en las dietas animales disminuye o no los costos de producción por concepto de alimento, ya que para algunos las excretas pueden ser consideradas como una

fuerza potencial de alimento, disponibles todo el año, que podrían aumentar las fuentes de minerales esenciales y nitrógeno disponibles, contribuyendo en el ahorro de proteína, y así, contribuir a la disminución de los costos de alimentación o aumentar los ingresos de las granjas al vender la cerdaza (1,6,24,25). Para otros investigadores, es discutible la disminución de los costos de alimentación al integrar las excretas a las raciones de cerdos debido a que el bajo valor nutritivo de éstas, afecta la digestibilidad y eficiencia de utilización de las dietas, aumentando los días necesarios para que los cerdos alcancen el peso de mercado, así como el costo por kilogramo de cerdo producido, resultando en una práctica ineficiente (3,6,26).

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LAS EXCRETAS

Los residuos ganaderos están formados por los alimentos que habiendo sido ingeridos por las especies animales no han sido asimilados y que son eliminados a través de las deyecciones (3,14).

La composición nutricional de la cerdaza es muy variable, en su contenido de minerales, componentes fibrosos y proteína (24). Esto se debe a varios factores como:

1.- Composición de la dieta de los cerdos. Por ejemplo, la cantidad de proteína contenida en la cerdaza aumenta al incrementarse la cantidad de fibra de la dieta, debido a una mayor tasa de pasaje. La cantidad de cobre aumenta al ser usado como promotor del crecimiento en cerdos.

2.- Tipo de animales que la producen (Cuadro 2). La cantidad de PC es mayor en excretas de animales en la etapa de iniciación, seguida de los animales en finalización y a su vez mayor, que en hembras reproductoras (5,24). La cantidad de minerales es mayor en las excretas de hembras gestantes que en las de cerdos en desarrollo (5).

3.- Procesamiento del alimento. El molido grueso del grano favorece la composición nutricional de la cerdaza, al aparecer partículas del grano sin digerir en las excretas (24).

4.- Tipo de manejo de las excretas durante su recuperación (Cuadro 3). La composición de las excretas frescas, secas o ensiladas, es diferente, siendo mayor en porcentaje de PC en excretas frescas, seguidas las secas y por último en las ensiladas, ésto se debe a las pérdidas por evaporación o a los líquidos del ensilaje (2,24,27).

5.- Almacenamiento y exposición a fenómenos del clima. Las diferencias en composición química se deben al grado de humedad, la duración del almacenaje, la temperatura ambiental, así como a la exposición a fenómenos climáticos, como lluvia, viento, calor, que contribuyen a la volatilización de la materia orgánica, afectando negativamente la digestibilidad y la cantidad de energía y nitrógeno, pero aumentando la concentración de cenizas (2,3,24). La humedad (Hum) es el factor que más afecta la composición, pues a mayor Hum se da un mayor calentamiento, descomposición y crecimiento de hongos, provocando un menor consumo y palatabilidad de las excretas (24).

Existen diferencias en las heces según la especie de origen (Cuadro 4), las excretas de aves poseen mayor nitrógeno, seguida por las de cerdo y finalmente por las de bovino, debido a las diferencias en la actividad digestiva y metabólica, así como a la composición de las dietas (2,24,28).

Comparando las heces de porcinos y bovinos, las excretas de los primeros tienen mayor valor nutricional, debido a su menor aporte de fibra, mayor contenido de nitrógeno y mayor digestibilidad de la materia seca (MS), explicándose ésto por el tipo de alimento suministrado a los cerdos, que se basa en granos, suplementos proteicos y sales minerales, en comparación con las excretas de bovinos cuyas dietas están basadas en forrajes (5,28). La digestibilidad de la MS es mayor en la cerdaza que en la bovinaza, tal vez por un menor contenido de paredes celulares, especialmente lignina (5).

PROBLEMAS DEBIDOS A UN MANEJO INADECUADO DE LOS DESECHOS ANIMALES

Del alimento que llega a las granjas, sólo una cantidad sale de la explotación en forma de carne, la mayor parte del alimento se queda en las granjas en forma de residuos que llegan a ser un problema por los grandes volúmenes producidos, su difícil manejo y altos índices de contaminación.

Sin un tratamiento previo, las excretas contaminan, tanto el aire, por ser fuente de olores ofensivos; como los suelos y plantas, por un sobreabonado; así como

el agua, ya que la materia orgánica al oxidarse consume el oxígeno disponible, limitando el desarrollo de la vida acuática (1,8,11,29). Esto puede ser evitado actualmente, debido a la disponibilidad de tecnología que no permite justificar la descarga directa a suelos y cuerpos receptores de agua (1,8,11,29).

IMPACTO AMBIENTAL DEBIDO A LAS EXCRETAS ANIMALES

En nuestros días las explotaciones pecuarias se han intensificado, transformándose en sistemas en confinamiento con alta densidad de población, por lo que las excretas llegan a ser un problema real de contaminación ambiental (2). Por esto, las actuales granjas porcícolas por estar en operación son ya, inevitablemente, fuentes de contaminación que afectan, como otros procesos contaminantes, a la sociedad en su conjunto (8).

La porcicultura es una actividad contaminante por las siguientes características (9,23):

- 1.- Concentración de miles de animales en un espacio reducido, en grandes centros de producción intensiva.
- 2.- *Desarrollo de unidades de producción porcícola especializadas, sin un planteamiento de estrategias de manejo adecuado de los desechos producidos en éstas (20).*

3.-Sistemas de alimentación con un elevado contenido de proteína que el aparato digestivo del cerdo no es capaz de asimilar.

4.- Limitaciones de la tecnología para el manejo de sus desechos y el ineficiente uso de las aguas residuales en las granjas.

En México, las descargas de desechos animales son vertidas prácticamente crudas o tratadas por filtración superficial (20). En un estudio realizado por el Programa de Medio Ambiente del Consejo Mexicano de Porcicultura, en el que se encuestaron a 231 granjas de México, obtuvieron que 76% manifestaron tener un sistema de tratamiento de aguas residuales, entendiéndose por ello contar como mínimo con una laguna de oxidación; el 9% tenía un pretratamiento, en una fosa o en cárcamo, y el 10% descargaban en forma directa, ésto es, sin tratamiento, a algún cuerpo receptor (suelo, arroyos, barrancas, etc.). De las 231 granjas encuestadas, el 23% utilizaban las excretas en la alimentación de rumiantes, separando sólidos en forma mecánica (28%) y en forma manual (72%) (9).

Los principales contaminantes presentes en las excretas porcinas son: la materia orgánica biodegradable que constituye hasta el 55% de su composición, patógenos, nitrógeno y minerales como fósforo, cobre, zinc y arsénico (8,9,23).

La contaminación con excretas porcinas, incluye:

1.- Contaminación referente a la atmósfera. Las excretas producen olores ofensivos que pueden causar un daño considerable a los alrededores de las explotaciones, atrayendo especies ajenas y alejando a numerosas especies propias del lugar, ocasionando ruptura en una o varias de las cadenas ecológicas (13,25,30). Adicionalmente, el aumento de excretas almacenadas y aún vertidas a las tierras de cultivo, provoca la proliferación de insectos y envían efluvios de amoníaco a la atmósfera, contribuyendo en gran medida a la lluvia ácida (25,29,31).

2.- Contaminación del agua. Otra manera de contaminación se da cuando las granjas porcinas se deshacen de sus excretas vertiéndolas en el agua, provocando la descomposición de la materia orgánica, acompañada de una fuerte demanda de oxígeno (11,30). Al disminuir la cantidad de oxígeno disuelto en el agua se impide progresivamente toda vida animal (peces, anfibios, etc.). Los elementos fertilizantes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio se disuelven rápidamente y son disponibles para una producción vegetal, incrementándose la producción de algas. Posteriormente ocurre una disminución de la radiación ultravioleta en el agua, debido a que las algas forman una capa opaca y se provoca un descenso en la temperatura, contribuyendo a que una gran parte de las algas mueran. La descomposición de las algas muertas produce una baja de oxígeno en el agua, transformándose el fenómeno en un círculo vicioso llamado eutroficación, este fenómeno que se presenta en condiciones naturales después de millones de años de acumulación de sales en los ríos y en los arroyos, al arrojarse a estos cuerpos de agua miles de toneladas al año de desechos animales se acelera en miles de años este proceso (30). La actividad humana provoca que se viertan contaminantes a una tasa mucho mayor a lo que el ambiente puede transformar, por lo que la naturaleza requiere ayuda, debiéndose llevar a cabo la purificación de los desechos contaminantes (20).

3.- Contaminación del suelo. Otra manera de eliminar las excretas de la granja es su acumulación en el suelo. Los elementos fertilizantes se mineralizan (N,P,K), la velocidad de este fenómeno es menor en climas templados y depende particularmente de la actividad microbiana del suelo. Una vez mineralizados se disuelven y se vuelven utilizables por las plantas. Los elementos fertilizantes disueltos que no han sido absorbidos por las plantas pueden filtrarse a través del suelo en las primeras lluvias, sobre todo si éste tiene una baja capacidad de retención de agua o si se fertiliza en campos helados (13,30). Estos elementos pueden entonces llegar hasta las aguas subterráneas y de superficie y causar efectos contaminantes bastante serios

(25,29,30,39). Son bien conocidas las consecuencias de estas filtraciones en mantos acuíferos que abastecen del vital líquido a poblaciones humanas, e incluso animales en donde en numerosas ocasiones se han provocado casos de intoxicaciones masivas (30). El uso como fertilizante de los desechos animales debe cuidar la concentración, y el nivel de su deposición en el suelo, ya que puede desbalancear la carga iónica de los suelos y matar a las plantas o contaminar el agua subterránea (20,29). La contaminación por el sobreabonado de los suelos y plantas, ofrece un peligro para la salud animal y humana, si la carga de estiércol contiene gérmenes patógenos o parásitos (11,29). Se puede presentar envenenamiento por cobre en las plantas, si el alimento del cerdo contiene gran cantidad de este elemento como promotor del crecimiento y las excretas de estos cerdos son utilizadas como fertilizantes (11). Por consiguiente, la solución a los efectos contaminantes de las excretas es su manejo apropiado (29,32).

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES PORCINAS

Las aguas residuales son el resultado del desalojo de los desechos animales y el agua destinada para ésto y están compuestas esencialmente de agua y en cantidades mínimas de sólidos orgánicos disueltos y en suspensión, los cuales son putrescibles y su descomposición genera grandes cantidades de gases ofensivos y contienen numerosas bacterias patógenas (33).

Las aguas negras domésticas generan, en promedio, 0.08 Kg / día / *per capita* de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), en comparación, las aguas residuales de una granja porcícola producen 0.15 Kg/ día/cerdo de DBO, esta diferencia hace que un cerdo de 50 Kg produzca la contaminación de dos humanos. Esta mayor concentración de desechos porcinos, ocasiona que el volumen de aguas residuales a tratar sea mayor que para los desechos humanos (10).

Las características generales de las aguas residuales en la industria porcícola se presentan en el Cuadro 5 (20).

NORMATIVIDAD EN MATERIA DE VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES

Las leyes que inciden en el funcionamiento de una granja porcina son leyes generales, federales y estatales que lo mismo se aplican a los municipios que a los grandes complejos industriales (34).

Las leyes que actualmente se aplican para regular las descargas de aguas residuales porcinas, los organismos y dependencias federales que se encargan de la vigilancia y de aplicar las sanciones por violar dichas leyes, se muestran en el Cuadro 6.

Actualmente se encuentra en proceso una nueva política de normatividad ecológica y cuyos principales planteamientos son los siguientes (34):

1) Sustituir las 44 normas ecológicas publicadas y las que están en proceso de formulación, por las tres normas en la primera etapa y dos más posteriormente. Las tres normas de la primera etapa son las siguientes:

a) NOM-001-ECOL-1996, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de enero de 1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales. Dicha NOM establece fechas de cumplimiento dependiendo si las descargas son o no municipales, así como, el rango de población y carga de contaminantes, para este último punto se incluye DBO y los sólidos suspendidos totales (SST), para cumplimiento el 1° de enero del 2000, 2005 y 2010. También se indican fechas para presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de las descargas a la Comisión Nacional del Agua y cuyo plazo depende si las descargas son o no municipales, rango de población y carga de contaminantes, para cumplirse a fines de 1997, 1998 y 1999 (35).

b) NOM-002-ECOL-1996, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de junio de 1998, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las

descargas de aguas residuales, exceptuando las domésticas, a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano y municipal.

c) NOM-003-ECOL-1997, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes *para las descargas de aguas residuales tratadas que se reusen en servicios públicos.*

ALTERNATIVAS EN EL PROCESAMIENTO Y TRATAMIENTO DE LAS EXCRETAS ANIMALES

Los siguientes tratamientos se han planteado para permitir el reciclaje de las excretas. Uno o varios de estos son convenientes para su utilización como ingrediente alimenticio, mejorando sus propiedades nutricionales y de manejo.

1. Tratamientos físicos:

a) Separación de sólidos-liquidos, utilizado para recuperar el alimento no digerido y para disminuir la cantidad de humedad. Al mezclar el estiércol con agua (de lavado), la parte sólida pierde valor nutritivo, por la difusión o por el arrastre de la materia en solución, por ejemplo, el 50% del nitrógeno es arrastrado en la fracción líquida al momento de la separación de los sólidos (2,3).

Ventajas: Reduce el volumen de desechos a tratar, por ejemplo, disminuye las dimensiones del tratamiento con lagunas anaerobias y prolonga los períodos para la extracción de lodos de dichas lagunas; disminuye la carga orgánica del agua a tratar, reduciendo de 15 a 30% la demanda bioquímica de oxígeno y de 20 a 40% los sólidos suspendidos. Otras ventajas son que los sólidos procesados presentan una mayor aceptación por los animales y pueden ser usados como ingredientes de la ración o como mejoradores de suelos. Al disminuir la cantidad de humedad, los sólidos obtenidos permiten un almacenamiento y transporte más adecuado, así como minimizar olores ofensivos. Al separarse la parte sólida, se disminuyen los problemas de conducción de

las aguas residuales en tuberías. Por último, el proceso de separación se lleva a cabo de manera mecánica (3,29,33).

Desventajas: La pérdida de nutrientes es elevada si los líquidos no son utilizados, es recomendable para explotaciones que deban realizar operaciones a gran escala; el mantenimiento e inversión inicial son costosos en relación con otros sistemas de tratamiento y no siempre logra justificar el ahorro en el tratamiento del agua y en ocasiones retiene sólidos de escaso valor nutricional (3,33).

b) *Deshidratación al sol.* Se emplea para lograr un producto seco que pueda ser almacenado de manera más adecuada (2).

Ventajas: El material seco es fácil de incorporar en una dieta completa, tanto la contaminación del aire como los costos de energía se disminuyen, el manejo que se requiere es mínimo (2,3).

Desventajas: Se presentan considerables pérdidas de nitrógeno y nutrientes energéticos, el material puede contener patógenos, el material seco en ocasiones contiene terrones grandes que requieren de su pulverización antes de ser usados. El éxito de este procedimiento depende de que sea realizado en zonas áridas o semiáridas, ya que el secado lento limita el porcentaje de utilización. Otra desventaja es que sólo la porción sólida de las excretas es utilizada (3).

c) *Secado artificial.* De la misma manera que el secado natural, este método es utilizado para lograr un producto seco que pueda ser almacenado (2)

Ventajas: La aceptación por el animal es buena, el material seco es fácilmente incorporado en la dieta. Otras ventajas son que la alta temperatura alcanzada elimina patógenos y que las heces secas son deodorizadas (3).

Desventajas: Se produce contaminación del aire durante el proceso, requiriendo equipo de control de olores, otra desventaja es el costo de equipo y energía requeridos para el

proceso, así como la necesidad de transportar las excretas a los deshidratadores, lo que hace incosteable el proceso (3)

2. Tratamientos químicos:

Dentro de este tratamiento se emplean bacterias biodegradables, solventes, o el uso de alternativas de origen enzimático. El uso de solventes se basa en que extraen la proteína presente en los residuos procesados (2,3).

El tratamiento químico ha sido utilizado solamente como una alternativa de terminado o pulido de las aguas residuales, después de los tratamientos aerobios y anaerobios. Actualmente se ha propuesto un tipo de tratamiento químico de las excretas que consta de una separación mecánica de sólidos, seguida de una flotación auxiliada con coagulantes inorgánicos. En esta fase se presenta la alternativa del uso de agua en algún tipo de riego agrícola, o el posterior tratamiento secundario con una fase de nitrificación-desnitrificación, para llevar las aguas residuales a cuerpos receptores (36).

Ventajas: La aceptación por el animal es buena, el producto se puede utilizar inmediatamente en la dieta reduciendo pérdidas de nutrientes y evita la necesidad de almacenaje. Otras ventajas son control de olores, bajo costo de energía y mano de obra, así como la utilización de la parte sólida y líquida de las excretas (3).

Desventajas: Es necesario un manejo y proceso diario, la poca durabilidad no permite un almacenaje durante largos periodos, se requiere de equipo de mezclado y los productos químicos empleados son muy costosos (3).

3. Tratamientos biológicos:

a) **Lagunas de estabilización.** Estas lagunas se consideran parte de los tratamientos biológicos secundarios. Esta alternativa de tratamiento aprovecha la actividad bacteriana para degradar la materia orgánica presente en los desechos (33).

Las lagunas se clasifican respecto a los procesos que intervienen en ellas, en:

i) Anaerobias. En estas lagunas el proceso biológico se lleva a cabo sin la presencia de oxígeno. Las bacterias involucradas en el proceso pueden ser de dos categorías, ya sean las que forman ácido o las que forman metano. Las primeras procesan la materia orgánica a dióxido de carbono, agua, metano, sulfuro de hidrógeno y ácidos orgánicos; las segundas producen dióxido de carbono y pequeñas cantidades de mercaptanos.

Ventajas: Estas lagunas requieren menor superficie, pues su volumen se cubre en gran parte con la profundidad que se les proporcione, de esta manera, es una alternativa más económica en comparación a las lagunas aeróbicas. Producen subproductos que pueden ser aprovechados como agua de bebida o riego, medio de crecimiento de peces, y algas, o los sedimentos pueden ser utilizados como fertilizantes o alimento para animales (33)

Desventajas: Este tipo de proceso produce malos olores debido a la producción excesiva de compuestos sulfurosos. Es necesario una temperatura adecuada para que se lleve a cabo la digestión, ya que temperaturas bajas inhiben la acción bacteriana. Durante el proceso se forman lodos que deben ser removidos periódicamente (37).

ii) Aerobias: El proceso biológico que se genera se realiza a través de bacterias aerobias que degradan la celulosa y lignina muy lentamente. Otros compuestos orgánicos menos complejos son degradados a mayor velocidad, con la consiguiente producción de nuevas células bacterianas, agua, dióxido de carbono y la conversión de nitrógeno proteico a nitritos, nitratos y nitrógeno libre (33,37). Los sistemas aeróbicos pueden ser aireados natural o mecánicamente. Los sistemas naturales son oxigenados por turbulencia o por crecimiento de algas, las que utilizan los desechos y la energía solar para producir oxígeno por medio de fotosíntesis. Las lagunas integradas por sistemas mecánicos, obtienen el oxígeno por medio de aireadores superficiales flotantes que operan con difusores de aire capaces de proporcionar oxígeno a lagunas de más de 6 m de profundidad (12,33).

Ventajas: Estas lagunas son libres de malos olores, los residuos no contienen bacterias patógenas y las aguas tratadas pueden ser fuente de nutrimentos para el crecimiento de algas y peces (12).

Desventaja: La principal limitación en su utilización es el alto costo por consumo de energía.

iii) Facultativas: Se caracterizan porque dentro de la misma unidad se llevan a cabo tanto procesos anaeróbicos como aeróbicos, en el fondo de la laguna se lleva a cabo el primero y en la superficie el segundo. Las bacterias facultativas se encuentran entre estas dos zonas. Estas lagunas suelen ser aireadas en forma natural o con equipos mecánicos y neumáticos (12)

b) Digestores anaeróbicos. Por medio de la digestión anaerobia del estiércol, es posible obtener energía. Las excretas al ser digeridas de manera anaerobia forman biogas, el que puede ser recuperado, filtrado, comprimido e introducido a dispositivos de gas y ser empleado como combustible para calentamiento, o ser utilizado en generadores de vapor, el que envía el vapor producido, con condiciones de presión y temperatura adecuados, a una turbina para producir energía cinética o de movimiento y que al estar acoplada a un generador eléctrico, podrá producir electricidad (18). En el ámbito industrial las cantidades de metano producidas son insuficientes para generar por si solo electricidad, siendo los principales combustibles el combustolio, gas natural o bagazo de azúcar. La opción del uso de metano en generadores de vapor radica en evitar su combustión en mecheros, en los cuales no se aprovecharía la energía producida.

El sistema para colectar biogas requiere de un tanque digestor hermético con dispositivos de mezclado internos y controles térmicos para mantener la temperatura interna entre 30 a 40°C, a esta temperatura, la digestión inicial de todos los compuestos biodegradables de la materia orgánica toman cerca de un mes (37). Para el correcto

funcionamiento del digester, es necesario introducir diariamente una carga de excretas, y extraer la misma cantidad de lodo digerido, así como el sobrenadante.

El efluente porcino sin digerir contiene comúnmente 10% de MS de la cual 70% es biodegradable. La degradación bacteriana de esta materia orgánica, bajo condiciones anaeróbicas, resulta primeramente en la producción de ácidos orgánicos, seguidos de una mezcla de gases (biogas), la cual usualmente contiene 50 a 70% de metano, 30 a 44% de dióxido de carbono, 5 a 10% de hidrógeno y un 1% de compuestos trazas como el ácido sulfúrico y amoníaco (12,37). Bajo condiciones óptimas, 1 Kg de aguas residuales, puede producir cerca de 300 L de gas (37).

Ventajas: El biogas no produce humo maloliente. Los productos que se obtienen después de la digestión, como son lodos, natas y sobrenadante, pueden ser destinados a diferentes usos. Por ejemplo, los sedimentos son utilizados como fuente de nutrimentos en rumiantes y cerdos, como medio de crecimiento de pupas de moscas y lombrices que pueden ser procesadas como fuente de proteína para raciones animales (12,37). Los líquidos obtenidos pueden emplearse como fertilizante, ser recirculados en las instalaciones con propósito de arrastre, medio de crecimiento de peces con poca demanda de oxígeno, medio de crecimiento de algas, bacterias, levaduras, hongos; para posteriormente ser procesados como ingredientes dentro de dietas de animales; recirculados para proveer parte de las necesidades de agua de bebida y fuente de nutrimentos (37).

Desventajas: El uso de metano, presenta inconvenientes técnicos para utilizarse en motores térmicos, ya que tiene un bajo valor combustible si se compara con el gas natural o con el butano. Es necesario una cantidad mayor de libras de presión para licuar y almacenar el metano en comparación con el propano. Los motores de gasolina que trabajan con metano tienen una eficiencia de 25% (12). Sin olvidar que el uso del metano en la industria como combustible, contribuye en un porcentaje mínimo a la generación de energía.

c) **Ensilaje.** Es un proceso que tiene como principal objetivo el preservar los nutrimentos del material ensilado (2).

Ventajas: El ensilado tiene buena aceptación por el animal; presenta baja pérdida de nutrimentos; la mezcla antes de ensilar no requiere demasiados ajustes, el material puede ser fácilmente almacenado, los patógenos pueden ser controlados aproximadamente a las 3 semanas, los olores ofensivos son controlados; si las excretas usadas son frescas se aprovecha tanto la parte líquida como sólida (3).

Desventajas: Existe la posibilidad de incorporar materiales indeseables al ensilado, se requiere equipo mecanizado o mano de obra para el transporte, ensilaje y la movilización al almacén y otras operaciones, se requieren silos herméticos para el proceso y éxito del ensilaje (3).

CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN SISTEMA DE MANEJO DE EXCRETAS

Con base en las propuestas de diferentes autores (2,3,10,23), entre los elementos que se deben considerar al establecer un sistema de manejo y procesamiento de excretas, se pueden incluir los siguientes:

- a) El sistema de manejo de excretas debe permitir un aseo adecuado y fácil remoción del estiércol.
- b) El manejo de excretas no debe consumir cantidades excesivas de agua.
- c) Demandar poca mano de obra, por lo que se debe tomar en cuenta el transporte de las heces del lugar de origen al lugar del consumo, ya que en ocasiones el costo de flete y mano de obra resultan incosteables.
- d) Conservar las propiedades nutritivas de las excretas.
- e) Facilitar el almacenamiento suficiente de excretas.
- f) Suprimir la emisión de olores ofensivos y gases.
- g) Eliminar o disminuirla cantidad de organismos patógenos.

h) La operación sea económica y requiera un mínimo de mantenimiento.

i) *Disminuir peligro de contaminación.*

Estos mismos autores proponen una serie de características que deben tomarse en cuenta al momento de seleccionar e implementar un sistema, incluye las siguientes características:

- 1) Tomar en cuenta las condiciones climáticas del área de la granja, estudiar la temperatura, precipitación pluvial, evaporación, dirección del viento, radiación solar, etc.
- 2) Si existen áreas agrícolas cercanas, asentamientos humanos, vías de comunicación y energía eléctrica constante (si es que el sistema lo requiere).
- 3) Se deben tomar en cuenta los productos resultantes que al ser empleados en la alimentación de cerdos, permitan un desarrollo máximo de los animales; indicado por una ganancia óptima y una mayor eficiencia en producción y calidad de la canal.

RIESGOS AL RECICLAR EXCRETAS EN LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES.

No se pueden dejar de considerar los peligros latentes que existen en el proceso de reciclar excretas animales, peligros como transmisión de enfermedades y reciclaje de drogas (6), tanto para los animales que las consumen como para las personas que están en contacto con ellas, así como para el consumidor final.

Al incluir el estiércol de cerdo en la alimentación animal, sin que reciba ningún tratamiento tendiente a eliminar el riesgo de patógenos presentes en el mismo, es necesario valorar el peligro potencial que representa implementar esta práctica dentro de cualquier explotación (2). Por tal razón se recomienda un procesamiento de las excretas antes de su uso en la alimentación animal (2, 19).

Se han encontrado organismos patógenos (bacterias, virus y hongos) en los desechos animales, capaces de causar enfermedades en humanos y animales (19).

En Humanos:

- Por excretas de aves: Virus de NewCastle, *Chlamydia*, *Erysipelothrix rhusiopathia*; *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium avium*; *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Clostridium botulinum*, *Salmonella spp.*

- Por excretas de bovinos: Anthrax, brucelosis, leptospirosis, Streptococos.

En Animales:

- Por excretas de aves: *Salmonella pullorum* (afecta bovinos y cerdos), *E. rhusiopathia* (a cerdos y aves), *L. monocytogenes* (a bovinos y ovejas), *Mycobacterium. avium* (a cerdos), micotoxinas.

- Por excretas animales en general: *Clostridium spp* y *Cl. perfringens*, *Corinebacterium* y *C. pyogenes* y *C. equi*, *Salmonella*, *Pasteurella multocida* (a cerdos, bovinos, ovejas y gallinas).

Las investigaciones con respecto al peligro de patógenos presentes en las excretas, han resultado en el conocimiento de que los microorganismos potencialmente perjudiciales disminuyen considerablemente por medio de diferentes procesamientos de las heces. Martínez *et al.* (1998) observaron una tendencia a una menor carga de enterobacterias (UFC/ml), en el material de fosas, líquidos, cárcamo, así como en sólidos de excretas porcinas, al compararlas con material proveniente de los animales. Hernández (1997), realizó microsilos con fracción sólida de excretas porcinas y caña de azúcar en diferentes tiempos de ensilaje, observando que en todas las mezclas ensiladas se disminuyó la presencia de colonias de coliformes, que fue tan notoria que se consideró como negativa, concluyendo que el ensilaje es un procesamiento efectivo para disminuir la población de bacterias coliformes. Por su parte Ochoa *et al.* (1989), señala que la densidad bacteriana disminuyó en un nivel importante de 49.67×10^6 colonias / g de materia húmeda (MH) a 3.72×10^6 , en 96 hrs de desecación natural, reduciéndose un 92.5%. Este mismo investigador, detectó coccidias (*Eimeria*) 1160 huevos/g de MH en la muestra inicial, siendo completamente negativas a las 96 hrs del proceso de desecación.

Harmon (1974) recomienda tener precaución en el uso de líquido mixto de las fosas de oxidación, pues en ciertas condiciones, los incrementos de nitratos (NO₃) llegan a niveles muy altos, pudiendo llegar a producir muertes por toxicidad (5000 ppm).

Debe de tomarse en cuenta el potencial de contenido de pesticidas, drogas, como antihelmiticos, antibióticos, arseniacales, sulfonamidas, nitrofuranos, asi como, minerales, como el cobre y micotoxinas (3,25), que pueden ser excretados por el cerdo como resultado de haber sido incorporados en el alimento (6).

Existe poca información de la presencia o ausencia de drogas o sus metabolitos en la cerdaza o en los tejidos del ganado alimentado con ésta (19). Aun cuando no se han presentado problemas por los residuos de drogas, ni se han detectado niveles importantes de antibióticos en las muestras analizadas, sin embargo es necesario obtener mayor información de los niveles de sulfonamidas y coccidiostatos en los productos de excretas y ésto tal vez se deba a un uso esporádico de estas drogas en los alimentos (19). Los análisis sobre pesticidas y aflatoxinas han resultado en hallazgos negativos o en niveles muy bajos (25).

Con la excepción del cobre, los elementos traza aparentemente no son un problema. Los desechos de aves contienen altos niveles de cobre que pueden causar problemas de toxicidad en ovejas, por ésto, no se recomienda su uso en la alimentación de ovinos. Otros minerales no parecen ser un problema, aunque el arsénico ha sido detectado en niveles arriba de 35ppm en desechos resultantes de la alimentación con un arseniacal.

A pesar de que no se han reportado problemas en la salud animal por residuos de drogas o metales pesados en la carne de ganado alimentado con cerdaza (24), no debe dejarse a un lado cualquier planteamiento alrededor de tales consideraciones.

EL ENSILAJE DE EXCRETAS ANIMALES.

El ensilaje es un proceso en el cual son almacenados materiales bajo condiciones anaeróbicas, que permite que los microorganismos presentes fermenten los carbohidratos a ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, reduciendo el pH e inhibiendo la fermentación posterior y de esa forma preservar el ensilado (42).

El objetivo en la producción de ensilaje es preservar el material utilizado mientras se minimizan las pérdidas de nutrimentos y se evitan los cambios adversos en la composición química del material, ésto se obtiene cerrando herméticamente el material a ensilar dentro del silo en condiciones anaeróbicas, lo cual permite una rápida proliferación de bacterias lácticas que producen solamente ácido láctico (homofermentativas) o ácido láctico en mezcla con otros productos (heterofermentativas). Los productos finales de la fermentación de azúcares solubles por estos organismos, representados principalmente por el ácido láctico, reducen el pH en el silo hasta un valor de aproximadamente 4 (3.8-4.2). De esta forma, la fermentación cesa y se obtiene un material estable y preservado (42).

Cuando la cantidad de ácido láctico en el ensilaje es de 1 a 2%, el producto invariablemente está bien preservado y es de olor agradable, porque el valor de pH es inferior a 4.0 y no existe ácido butírico.

Por la pobreza energética de las heces, es necesario incorporar carbohidratos de fácil disposición a la mezcla, los que son empleados para producir una cantidad adecuada de ácido láctico e impedir con ello, que los organismos productores de ácido butírico tengan la oportunidad de multiplicarse en perjuicio de los lactobacilos. Se requiere proporcionar o suplementar carbohidratos, mediante la adición de granos molidos de cereales, que pueden incluirse en un 10% o de melaza de caña, la que puede incorporarse en un 3% o más. La mezcla de grano de cereales molidos y melaza con las excretas, es la mejor opción para aprovechar el efecto de ambos aditivos, ya que al poseer diferencias en solubilidad, permiten dar continuidad al proceso de fermentación

de la mezcla. Además ambos ayudan a regular el contenido de agua (idónea 60%), reduciendo el agua de la mezcla. La melaza es demasiado viscosa para usarla sola y conviene diluirla con agua para que pueda asperjarse sin dificultad sobre el material mientras se llena el silo (38,43,44).

Siempre conviene sellar adecuadamente el silo, la función del sello es impedir la entrada del aire, así como mantener debidamente comprimidas la capas superiores, para este fin, el uso de una capa de tierra es idóneo (43).

Debido a su fácil implementación y conveniencia económica, el ensilaje ha resultado ser el método más prometedor cuando se pretende recircular la excretas como alimento (2,3,22,45). El proceso es muy sencillo de operar, conserva y potencialmente puede enriquecer los nutrimentos de las excretas (2).

Al realizar el reciclaje de las excretas por medio del ensilaje, se libera gran cantidad de materia orgánica, mejorando la calidad biológica de las aguas residuales (2).

El crecimiento bacteriano propio del ensilaje, aumenta la cantidad de proteína verdadera y el producto final es rico en ácido láctico y otros ácidos orgánicos; con esto, se disminuye el mal olor y se logra eliminar a los patógenos potenciales, como *Shigella*, *Clostridios*, *Salmonelas*, *Nemátodos*, *Coliformes* (2,45) Con respecto a las bacterias coliformes, Hernández (1997) concluye, que el ensilaje es efectivo para disminuir la población de dichas bacterias. El ensilaje provee de un ambiente adverso para la *Salmonella*, ya que un pH de 4 - 4.5 o menor y temperaturas de 25 a 35°C son parámetros físicos responsables de su erradicación en 3 a 4 días (19). Por otra parte, el ensilaje puede ser un proceso de inhibición eficaz contra muchos nemátodos y virus, pues éstos no resisten pH fuera de 5 a 9 (40).

Toledo (1997) concluyó que al ensilar la fracción sólida de excretas de cerdos con bagazo de caña y melaza, se modifica la composición química sin deterioro del aporte nutricional y que en la composición proximal se modifican los principios nutritivos como materia seca (MS), proteína bruta (PB), grasa cruda (GC) y cenizas; aumentándose la

digestibilidad *in situ* de la MS (DISMS) y de la digestibilidad *in situ* del contenido de paredes celulares (DISFDN).

El trabajo realizado por León (1993), concluye que los desechos animales se pueden ensilar junto con subproductos de cereales, forrajes y esquilmos agrícolas, siempre y cuando tengan suficiente humedad y carbohidratos solubles para garantizar la fermentación deseable del ensilado. Por otra parte, las investigaciones realizadas por Toledo (1997), sugieren el empleo del ensilaje de excretas porcinas con bagazo de caña y melaza, en proporciones de 70 y 80% de excretas.

USO DE ENSILADO DE EXCRETAS EN LAS DIETAS DE CERDOS.

Díaz *et al.* (1988), encontraron que es posible utilizar el ensilaje de excretas de cerdos de preceba y miel final como dieta básica para las cerdas gestantes, ya que se mejoran los indicadores reproductivos y se disminuye el costo de alimentación. Peñalva (1984), comenta que es posible retirar de la alimentación de las cerdas en gestación, la mitad del alimento balanceado y sustituirlo por excretas frescas de cerdos jóvenes.

Salazar (1994), concluye que la inclusión de estiércol fermentado en la alimentación de cerdos en crecimiento, afecta negativamente la digestibilidad del alimento reflejándose en ganancias diarias de peso (GDPs) y eficiencias alimenticias (EF) desfavorables, en comparación con una dieta basada en sorgo-pasta de soya. Por su parte, García (1993), encontró que la inclusión de ensilado elaborado a base de excretas de cerdos destetados y sorgo molido, en la dieta de cerdos en desarrollo, afectó negativamente la GDP, conversión alimenticia (CA) y costo por Kg de cerdo producido, en comparación con una dieta basada en sorgo-soya. Sin embargo, Iñiguez *et al.* (1989), concluyeron que es factible utilizar niveles de inclusión de 15 y 30% de la mezcla sorgo-sólidos recuperados sin fermentar o fermentados a la dieta de cerdos en crecimiento.

Orr *et al.* (1971), estudiaron la inclusión de excretas porcinas desecadas en cerdos en finalización, obteniendo GDP y CA desfavorables en comparación con dietas basadas en maíz-soya. Por otra parte, Diggs *et al.* (1965), obtuvieron mejores GDPs para cerdos de finalización alimentados con 15% de inclusión de excretas de cerdo desecadas, en comparación a los animales que consumieron la dieta testigo y la que incluía 30% de excretas deshidratadas. Rojas (1984) al comparar una dieta testigo contra una con 30% de inclusión de ensilado de excretas, obtuvo GDPs mayores en el grupo testigo, sin embargo, las mejores C.A. las obtuvieron los animales alimentados con la dieta que incluyó ensilado.

JUSTIFICACIÓN

Es necesario utilizar alternativas en la alimentación de los cerdos, que contribuyan a la preservación del ambiente, sin disminuir la rentabilidad de la empresa. Una de éstas alternativas pudieran ser la utilización de ensilado de excretas de cerdo como un ingrediente más de la ración, principalmente por su aporte proteínico y mineral (1,38,51). *Es imprescindible reciclar productos o subproductos pecuarios debido a la demanda de alimento de la población creciente, elevado costo de las materias primas, así como, utilización más racional de los recursos naturales.* El uso de excretas porcinas en la alimentación de los animales es una opción para disminuir su acumulación en la naturaleza, con ésto, evitar su saturación y contribuir a una menor contaminación del ambiente. Con motivo de la nueva política de normatividad ecológica (34), se debe brindar alternativas en el control de las descargas que provienen de las explotaciones pecuarias. Una de éstas es el ensilaje de la fracción sólida de las excretas que puede disminuir los sólidos suspendidos totales y la demanda bioquímica de oxígeno de las descargas (2); sin embargo, existen pocos estudios actualizados sobre la respuesta del uso de ensilado de excretas porcinas en la etapa de finalización de los cerdos (1). Con el fin de obtener información acerca de su repercusión en la producción de cerdos para abasto, es que se realizó esta investigación.

OBJETIVOS

Objetivo General:

-Evaluar el comportamiento productivo de cerdos en la etapa de finalización, al proporcionar en la dieta dos niveles de inclusión de ensilado de cerdaza.

Objetivos Específicos:

-Determinar la composición nutricional de los ensilados de excretas porcinas, así como de las materias primas utilizadas en el proceso de ensilaje, por medio del Análisis Químico Proximat.

-Comparar una dieta basada en sorgo y pasta de soya para cerdos en etapa de finalización, con dietas en las que se usó como ingrediente fijo 15 y 30% (en base húmeda) de ensilado de cerdaza (en base húmeda), en función a las siguientes variables productivas: consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.

HIPÓTESIS

La sustitución parcial de una dieta basada en sorgo-pasta de soya, en diferentes proporciones por ensilado de cerdaza no alterará el comportamiento productivo de cerdos de finalización (consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia).

OBJETIVOS

Objetivo General:

-Evaluar el comportamiento productivo de cerdos en la etapa de finalización, al proporcionar en la dieta dos niveles de inclusión de ensilado de cerdaza.

Objetivos Específicos:

-Determinar la composición nutricional de los ensilados de excretas porcinas, así como de las materias primas utilizadas en el proceso de ensilaje, por medio del Análisis Químico Proximal.

-Comparar una dieta basada en sorgo y pasta de soya para cerdos en etapa de finalización, con dietas en las que se usó como ingrediente fijo 15 y 30% (en base húmeda) de ensilado de cerdaza (en base húmeda), en función a las siguientes variables productivas: consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.

HIPÓTESIS

La sustitución parcial de una dieta basada en sorgo-pasta de soya, en diferentes proporciones por ensilado de cerdaza no alterará el comportamiento productivo de cerdos de finalización (consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia).

MATERIA Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

El presente estudio se llevó a cabo en instalaciones de la FMVZ de la UNAM, tanto en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica como en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP), éste último localizado en Jilotepec, Estado de México. Este municipio se encuentra en la planicie geográfica en los 99° 31' 45" de longitud al oeste del Meridiano de Greenwich. Su latitud norte es de 19° 57' 13" y se localiza a una altura sobre el nivel del mar de 2,525 msnm. El clima de la región es templado. La temperatura varía entre los 12 y 24°C. El régimen de lluvias comprende de junio a septiembre. Las primeras heladas se inician en octubre y se prolongan hasta marzo. Presenta algunos períodos extremadamente fríos, especialmente en invierno. El promedio de precipitación pluvial es de 608 mm (52).

ANIMALES

Se desarrolló una prueba de comportamiento productivo en la etapa de finalización, desde los 64 ± 8 kg hasta los 95 ± 7.8 kg de peso corporal. Se utilizaron 94 cerdas y 32 machos castrados híbridos (Landrace x Yorkshire x Duroc).

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de bloques completo al azar, estratificando con base en el peso, considerándose como factor de bloqueo la semana de iniciación de la prueba, para tres tratamientos con 6 repeticiones por tratamiento, siendo la unidad experimental el corral con 7 animales (Figura 1).

INSTALACIONES

Los cerdos fueron alojados en corrales convencionales con piso de cemento en el área limpia y el área sucia con piso emparrillado. Los corrales se localizaron en un edificio con un pasillo de alimentación y circulación central. La temperatura fue controlada mediante ventanas. Se utilizaron comederos tipo tolva y bebederos de chupón.

TRATAMIENTOS Y DIETAS

Los tratamientos estuvieron constituidos por tres dietas experimentales basadas en sorgo y pasta de soya, las cuales se formularon por programación lineal a costo mínimo, siendo isoenergéticas e isoprotéicas, de acuerdo a las necesidades para cerdos en finalización (53), con 0, 15 y 30% en base húmeda, de inclusión de ensilado de fracción sólida de cerdaza, para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente (Cuadro 7).

METODOLOGÍA EN LA REALIZACIÓN DEL ENSILADO DE CERDAZA

La fracción sólida de las excretas porcinas se obtuvo, por medio de un separador de sólidos (sistema LISCO), a partir de un cárcamo común que capta los desechos de todas las etapas de la granja. Desde el cárcamo por medio de una bomba, las excretas fueron enviadas a la parte alta de un tamiz, en donde los residuos sólidos se depositaron en un transportador helicoidal sin fin para ser exprimidos. Finalmente se obtuvieron los sólidos con 30 -35% de materia seca. Esta fracción sólida se mezcló manualmente con sorgo molido y melaza de caña en una proporción de 82, 10 y 8% (Cuadro 8), respectivamente (en base húmeda) (38). La mezcla se depositó en silos tipo bunker construidos previamente, se compactó el material en capas de 50 cm, se cubrió finalmente con plástico, sellando las orillas con una capa de tierra. El proceso de ensilaje se dejó por un periodo mínimo de 15 días (26,50). Transcurrido este tiempo, se

tomó al azar una muestra representativa de varios puntos, para su caracterización nutricional (54), con los resultados se elaboraron las dietas experimentales (Cuadro 7).

En la planta de alimentos del CEIEPP se elaboraron semanalmente, con el ensilado de excretas dos dietas isoenergéticas e isotroféicas, (Cuadro 10), las cuales se igualaron con la dieta testigo comúnmente utilizada en la granja, para cubrir las necesidades de cerdos en finalización (53). Las tres dietas se proporcionaron *ad libitum*, en comederos tipo tolva y se dio acceso libre al agua. Los otros ingredientes empleados en la elaboración de las dietas fueron; sorgo, pasta de soya, sal, pmezcla de vitaminas, aminoácidos sintéticos y minerales (Cuadro 9).

Se utilizó un período de adaptación al cambio de alimento, durante una semana.

Las dietas fueron suministradas hasta que el peso promedio por animal dentro de cada corral fue de 90 Kg de PV, momento en el que los animales se programaron para su venta, por consiguiente se evaluaron animales con diferentes pesos y edades, por lo que se calculó la ganancia de peso ajustada a 104.42 Kg de PV (55).

PESAJES

Se realizó el pesaje, previo ayuno, al inicio del período de adaptación, al finalizar éste (7 días después) y cada 14 días a partir del inicio de la prueba. El ayuno consistió en la disminución de la cantidad de alimento la noche anterior al día del pesaje, con lo cual los comederos se encontraban vacíos al momento de realizarse la medición de peso de los animales.

VARIABLES DE RESPUESTA

Como variables de respuesta se utilizaron el consumo de materia seca por corral (CMS), ganancia de peso total por corral (GPTc), ganancia de peso total por animal (GPTa), ganancia diaria de peso, (GDP), ganancia diaria de peso ajustada a 104.42 Kg de PV (GDPa) y la conversión alimenticia (CA).

Para medir el consumo de alimento, se restó a la cantidad ofrecida, el sobrante del comedero y el desperdicio colectado del piso. Se estimó la ganancia diaria de peso al dividir la diferencia de peso entre los días del período. La conversión alimenticia se determinó dividiendo los Kg de alimento total consumidos por corral entre los Kg de ganancia total de peso por corral.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se sometieron al análisis de covarianza para el diseño experimental anteriormente mencionado, tomando como covariable el peso inicial y se realizó la prueba de comparación de medias por el método de Tukey, en los casos en que se presentaron diferencias significativas (56).

RESULTADOS

Ganancia de peso.

La ganancia de peso total por corral (GPTc) no presentó diferencia significativa ($p>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 11).

La ganancia de peso total por animal (GPTa) no fue diferente significativamente ($p>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 11).

La ganancia diaria de peso (GDP) no fue diferente ($p>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 11).

La ganancia diaria de peso ajustada presentó diferencia significativa ($p<0.05$) entre tratamientos (Cuadro 11). El T2 obtuvo una mejor GDPa en comparación a los tratamientos 1 y 3; no existió diferencia estadística ($p>0.05$) entre los dos últimos.

Consumo de materia seca.

El consumo de materia seca por corral (CMS) no presentó diferencia estadística ($p>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 12).

Conversión Alimenticia

La conversión alimenticia (CA) fue diferente estadísticamente ($p<0.05$) entre tratamientos. El T3 obtuvo una mejor conversión que T1. El T2 fue similar ($p>0.05$) con T1 y con T3 (Cuadro 12).

DISCUSIÓN

Por razones ajenas a los tratamientos dos animales tuvieron que ser excluidos (tratamiento 1 bloque 1 repetición 1, al segundo pesaje, así como el tratamiento 2 bloque 3 repetición 1, al tercer pesaje), y sus valores para el análisis final fueron obtenidos del promedio del corral. Esto debido a la pobre respuesta productiva, lo cual se asoció con problemas de artritis micoplásmica y a un bajo nivel en la jerarquía presentada por estos animales dentro del corral, con lo cual se limitó su acceso al alimento, mismo que se manifestó, con una nula ganancia de peso individual.

La prueba tuvo una duración que varió de 5 a 8 semanas, esto se debió a que los animales fueron programados para su venta al alcanzar el peso promedio por corral de 90 Kg PV, que de acuerdo al distinto peso inicial, ocurrió a diferente semana. Esto se reflejó en el número de pesajes catorcenales realizados de cada corral, variando de 2 a 4, por lo que se decidió graficar sólo los dos periodos catorcenales de GDP, CMS y C.A.

Ganancia de peso.

La GTPc presentó algunas diferencias numéricas, sin embargo, no hubo diferencia estadística ($p>0.05$) entre tratamientos, los corrales que recibieron la dieta testigo ganaron 209.48 Kg; 211.27 Kg los corrales que consumieron la dieta con 15 % de ensilado de cerdaza y 212.77 Kg los corrales que recibieron la dieta con 30 % de ensilado de cerdaza (Figura 2). En forma similar, no hubo diferencias significativas en GTPa ($p>0.05$) entre tratamientos, la dieta testigo mostró una ganancia individual promedio de 30.909 Kg por animal ; los animales que recibieron la dieta con 15 % de ensilado de cerdaza ganaron 31.335 Kg y los animales que recibieron la dieta con 30 % de ensilado de cerdaza, ganaron 30.180 Kg (Cuadro 11)

Por su parte, la GDP no mostró diferencia significativa ($p>0.05$) entre tratamientos. Las ganancias individuales fueron de 0.780 Kg en el T1; de 0.751 Kg en el T2 y de 0.728 Kg en el T3 (Cuadro 11 y Figura 3). Resultados similares fueron encontrados por Iñiguez *et al.* (1989), quienes al alimentar cerdos en etapa de crecimiento, con sólidos de excretas porcinas procesados en un fermentador de flujo continuo, con 15 y 30% de inclusión en una dieta basada en sorgo y concentrado, no encontró diferencias en la GDP. Este comportamiento entre tratamientos reveló que cuando se balancea adecuadamente el contenido nutricional de las dietas, la respuesta en la ganancia de peso de los cerdos es semejante. No obstante, los resultados del presente estudio difirieron de los de otros investigadores; por ejemplo, Rojas (1984), quien alimentó cerdos en etapa de finalización, con una dieta en la que sustituyó 30% del concentrado por ensilado de excretas de cerdos de iniciación, menciona que los animales que consumieron esta dieta obtuvieron una menor GDP en comparación al grupo testigo. Así mismo, García (1993) al utilizar ensilado de excretas de cerdos destetados en la dieta de cerdos en desarrollo, observó que los animales alimentados con la dieta que incluía ensilado, obtuvieron una menor GDP con relación a los alimentados con la dieta testigo. Por su parte Orr *et al.* (1971) al utilizar 20% de inclusión de heces porcinas desecadas en la dieta de cerdos en finalización, obtuvieron resultados desfavorables en la GDP de los animales que recibieron esta dieta, en comparación con la dieta testigo. La investigación realizada por Salazar (1994), en la que se empleó cerdos en etapa de crecimiento, alimentados con dietas que incluían 15 y 30% de ensilado de excretas porcinas, mostró que los animales sometidos a estas dietas presentaron una menor GDP con respecto a la dieta testigo.

Tanto García (1993), como Orr *et al.* (1971) y Salazar (1994), concluyen que la disminución en la GDP obtenida por las dietas que incluyeron excretas, se debió probablemente a una inadecuada disponibilidad de los aminoácidos de estas dietas para

los cerdos y baja calidad de la proteína de los ingredientes utilizados en su elaboración. Estos aspectos en las dietas con ensilado de excretas en la presente investigación, fueron minimizados, ya que se balanceó el aporte de aminoácidos de las dietas y se consideró un nivel adecuado de energía. Así mismo, Salazar (1994) menciona que la baja GDP fue debida probablemente a la baja digestibilidad de los nutrimentos aportados en el estiércol y que en un momento dado afectaron la digestibilidad de los demás componentes de la dieta, además del posible efecto asociativo de arrastre, que tuvo repercusiones sobre la digestibilidad de la energía. En este estudio se balancearon las dietas para que resultaran isoenergéticas, por tal motivo se incluyó aceite crudo en diferentes cantidades para cada dieta (Cuadro 9). Se observó que el porcentaje de fibra cruda de las dietas, aumentó conforme mayor fue el porcentaje de inclusión de ensilado (Cuadro 10), este incremento en el contenido de fibra probablemente modificó la digestibilidad de las dietas (57), sin embargo, este efecto fue posiblemente minimizado, por la cantidad creciente de aceite que se agregó en la ración al aumentar el porcentaje de inclusión de ensilado.

Por otra parte, al hacer el ajuste y analizar la GDPa los animales que recibieron la dieta con 15% de inclusión de ensilado, obtuvieron mayor ($p>0.05$) GDPa (0.691 Kg/animal/día), en comparación con la dieta testigo y la dieta con 30 % de ensilado de excretas de cerdo, con valores de 0.659 Kg/animal/día y 0.633 Kg/animal/día, respectivamente (Cuadro 11). La diferencia significativa entre tratamientos que se encontró al realizar esta estimación, indicó que al utilizar una duración diferente en el período de engorda para cada unidad experimental, afectó los resultados, ya que se dividió la ganancia de peso entre diferente número de días para cada corral.

De acuerdo con Hubbard (1981), el cálculo de GDPa (Cuadro 15), permite evaluar la ganancia de peso de los animales como si todos hubieran salido de la prueba con un peso final semejante (104.42 Kg PV). Este cálculo se realiza utilizando la información del peso desempeñado durante todo el periodo de prueba, ésto es

importante ya que cuando se finaliza la participación de los cerdos con un peso menor al mencionado, no se permite que se manifieste todo su potencial.

Al utilizar esta transformación en este experimento, se permitió evaluar a un grupo de animales con peso final heterogéneo y se encontró que los animales del T2, obtuvieron mayor ganancia de peso que los animales de los otros tratamientos (Figura 4 y 5). La mayor GDPa que obtuvo el grupo con 15% de ensilado de cerdaza, indicó que cuando se realiza un balance adecuado de los nutrimentos se puede obtener similar o incluso mejor producción, como fue al compararse con la dieta testigo de esta investigación, que no incluyó ensilado de excreta y estuvo integrada, como cualquier ración de uso común en México, por sorgo molido y pasta de soya más premezcla mineral y vitamínica (Cuadro 9). Sin embargo, el hecho de que el grupo con 30% de ensilado de cerdaza, haya obtenido una menor ganancia de peso y menor consumo de alimento, indica que otros factores independientes al balance de nutrimentos son importantes y limitan la producción cuando se utilizan cantidades mayores al 15% de ensilado. Probablemente la gustocidad o menor aceptación del alimento debido a la textura, por un mayor porcentaje de fibra (Cuadro 10), olor o sabor del ensilado de excretas porcinas, modifican el consumo de alimento y como consecuencia disminuye la ganancia diaria de peso (53).

Consumo de materia seca.

El CMS no fue diferente estadísticamente ($p>0.05$) entre tratamientos, con valores de 627.37 Kg de alimento consumido por los animales de la dieta testigo; 601.17 Kg consumidos por los animales de la dieta con 15% de ensilado de excreta y 567.18 Kg por los animales de la dieta con 30% de ensilado de excreta (Figura 6). Se observó una disminución numérica del CMS conforme fue mayor el porcentaje de inclusión de ensilado (Cuadro 12). Resultados que concuerdan con los encontrados al utilizar sólidos de excretas porcinas fermentados en la dieta de cerdos en crecimiento (47), así como

con los obtenidos en cerdos en desarrollo (26) y en finalización (50) alimentados con ensilado de excretas porcinas, en los que no se observó diferencia significativa ($p > 0.05$) entre tratamientos. Rojas (1984) a pesar de que no obtuvo diferencias estadísticas entre las dietas, obtuvo un menor valor para consumo de alimento por parte de los animales tratados con la dieta que incluía ensilado de excretas, debido muy probablemente al menor peso inicial que presentaron los animales. Por su parte, Salazar (1994) encontró disminución en el consumo de alimento conforme aumentó el porcentaje de inclusión de ensilado de excretas en la dieta de cerdos en crecimiento, esta disminución de acuerdo con este investigador se debió al mayor contenido de humedad de las dietas que contenían estiércol ensilado. Tal efecto también pudo haber afectado en los resultados de la presente investigación, ya que la cantidad de MS presente en las dietas no fue similar, la cual fue disminuyendo conforme aumentó el porcentaje de inclusión de ensilado (Cuadro 10). Otra explicación para el menor consumo de materia seca observado en los tratamientos 2 y 3, posiblemente fue la cantidad de grasa incluida en estas dietas, ya que la cantidad de energía contenida en este ingrediente afectó la concentración de energía metabolizable sin un cambio aparente en el contenido de energía digestible de la ración. El consiguiente incremento en la densidad calórica es frecuentemente asociado con una disminución del consumo de alimento (58). También es posible suponer que la disminución del consumo pudo haberse asociado a una menor gustocidad de esas dietas, relacionada al sabor y olor, así como al mayor contenido de fibra en las dietas al incluir una concentración superior de ensilado de cerdaza, pero estos factores sólo son mencionados como posibles causas que deben ser analizadas con detenimiento en posteriores investigaciones.

Conversión Alimenticia

Por su parte la CA fue diferente significativamente ($p < 0.05$) entre tratamientos. Los animales que consumieron la dieta con 30% de ensilado de excreta de cerdo

presentaron mejor conversión que los animales que recibieron la dieta testigo (Figura 7). Los animales con la dieta que incluyó 15% de ensilado de excreta presentaron una conversión alimenticia similar ($p>0.05$) a la de los otros dos grupos. La conversión alimenticia fue adecuada para cerdos en etapa de finalización, con valores de 2.99; 2.84 y 2.69 Kg de alimento consumido / Kg de peso ganado, en T1, T2 y T3, respectivamente (Cuadro 12).

Rojas (1984) obtuvo resultados similares al incluir 30% de ensilado de excretas en la dieta de cerdos en finalización. El investigador indica que la mejor CA obtenida por la dieta experimental, se debió a una utilización más eficiente de los nutrimentos contenidos en esta dieta. Por su parte, Iñiguez *et al.* (1989) en otra investigación, al analizar la inclusión de sólidos de excretas fermentados en la dieta de cerdos en crecimiento, no observó diferencia estadística ($p>0.05$) entre las dietas. Por el contrario Diggs *et al.* (1965), Orr *et al.* (1971) y García (1993), mencionan que la CA disminuyó en las dietas que incluyeron heces porcinas desecadas en dietas de cerdos en finalización o al utilizarlas ensiladas en la alimentación de cerdos en etapa de desarrollo.

En el presente estudio al no haber una diferencia significativa ($p>0.05$) en la GTPc de los animales que recibieron 30% de ensilado de excretas en su dieta, y ser menor (no significativo, $p>0.05$) el consumo de materia seca en comparación a los otros tratamientos, se obtuvo una diferencia numérica en la conversión de alimento, favorable para el T3. Este mejor desempeño de T3, indicó que esta ración fue utilizada más eficientemente por los animales, lo que pudo deberse a la mayor cantidad de aceite empleada en la dieta (Cuadro 9).

Efecto relacionado a la diferente semana en que entraron los cerdos a la prueba.

El análisis de covarianza mostró diferencias significativas entre bloques ($p<0.05$) en la GTPa, GDP, GDPa (Cuadro 13). De igual manera el CMS fue diferente ($p<0.05$) entre bloques. El bloque (Bqe) III consumió más alimento ($p<0.05$) que el Bqe II, el Bqe I

no fue diferente ($p > 0.05$) a los otros bloques (Cuadro 14). Esto posiblemente se debió, a que las condiciones ambientales de temperatura, durante el Bqe III fueron mucho más frías, afectando el consumo, ya que la temperatura ambiental afecta las necesidades energéticas y generalmente el animal satisface este incremento de sus necesidades energéticas, aumentando el consumo. De acuerdo con Noblet *et al* (1985), por cada grado centígrado que disminuye la temperatura en el ambiente, se incrementa en 3.7 Kcal de energía metabolizable / Kg^{0.75}, la necesidad de mantenimiento. Así, en ambientes fríos, se aumenta la cantidad de energía necesaria para mantener la temperatura corporal y como lo cerdos tienden a modificar la cantidad ingerida para satisfacer sus requerimientos de energía, temperaturas ambientales bajas aumentan el consumo de alimento (58). En esta investigación no se midieron las temperaturas que se presentaron durante el periodo de estudio, sin embargo, se puede asegurar que éstas fueron muy bajas aún dentro de los corrales, ya que las tuberías del sistema de abastecimiento de agua presentaron congelación.

Con la finalidad de explicar las diferencias que se presentaron entre bloques, en las variables CMS, GDP y GTPc, se graficaron los resultados obtenidos en las repeticiones, los cuales se muestran en las Figuras 8 a 10. Se observó que en la GDP la repetición (Rep) I del bloque 3, los animales presentaron valores muy semejantes entre los tratamientos y menores con relación a las demás repeticiones (Figura 9). Esta menor GDP no fue debida a una reducción en el CMS (Figura 9 y 8), no obstante, los pesos iniciales de los animales pertenecientes a esta repetición (Figura 11), fueron los más bajos de todos los pesos del resto de las repeticiones; a pesar de que las edades iniciales de los animales fueron similares en la mayoría de los corrales (140 días). Posiblemente el crecimiento y desarrollo de estos cerdos, fue afectado por condiciones adversas que pudieron estar relacionadas con una baja capacidad materna, debido a factores ambientales adversos o problemas infecciosos, por lo que su comportamiento productivo fue menor que el resto de los cerdos de la misma edad.

Efecto sexo.

No hubo efecto del sexo ($p > 0.05$) sobre la ganancia de peso. Lo que concuerda con otros resultados obtenidos al alimentar cerdos en desarrollo con ensilado de excretas porcinas (26).

Comparación de costos por ingredientes.

La dieta con inclusión de 30% de ensilado fue la más cara, seguida de la dieta con 15% de inclusión de ensilado, y la más barata fue la dieta testigo, con costos de \$2.84 / Kg, \$2.22 / Kg y \$1.84 / Kg, respectivamente (Cuadros 16, 17 y 18). Se consideró exclusivamente el costo de los ingredientes de la dieta, sin asignarle ningún precio al ensilado. Lo que difiere de lo encontrado por Rojas (1984), quien al sustituir 30% de ensilado de excretas en la dieta de cerdos en finalización, obtuvo un menor costo por tonelada del alimento sustituido con ensilado. El mayor costo / Kg de alimento, mostrado por la dieta con 30% de inclusión de ensilado, se debió a la gran cantidad de grasa incorporada para elaborar esta dieta. Este costo se podría disminuir si se empleara una fuente de energía concentrada más barata u otro tipo de grasa de menor costo.

Factores adversos en el uso de ensilados de cerdaza en las dietas de cerdos en finalización

Como dificultades adicionales al utilizar ensilado de excretas porcinas en la ración de cerdos, se debe mencionar que las dietas que incluían ensilado presentaban crecimiento de hongos si se almacenaban por más de 15 días, limitándose su uso en ocasiones posteriores.

Además se presentaron dificultades en el flujo normal del alimento en los comederos usados (tipo tolva), en las dietas con 15 y 30% de inclusión de ensilado, ya que se formaron terrones de alimento que impidieron el flujo normal del mismo, teniendo que bajar el alimento en forma manual con una varilla, procurando revisar que siempre existiera alimento disponible, mediante la inspección de los comederos dos veces al día.

CONCLUSIONES

Basado en la respuesta productiva y sin tomar en cuenta los costos de las dietas, la inclusión de un 15% de ensilado de excretas porcinas produjo las mejores ganancias diarias de peso ajustadas. Con la inclusión de 30% de ensilado de excretas porcinas es necesario utilizar una cantidad de aceite que no es conveniente desde el punto de vista del costo por kilogramo de dieta y que bajo las condiciones de la presente investigación produjo un efecto confundido sobre los parámetros productivos.

RECOMENDACIONES.

Es necesario que el tiempo transcurrido entre la elaboración del alimento con ensilado y el momento de ser ofrecido a los animales, sea menor de 15 días, para evitar la formación de hongos que pueden favorecer la presencia de trastornos digestivos o micotoxicosis. Por lo que se recomienda la investigación minuciosa sobre la presencia de hongos y sus metabolitos en las dietas que incluyan excretas, así como el estudio de efectos sobre la productividad y salud de cerdos.

Para recomendar el uso de una tecnología nueva dentro de una explotación, es necesario evaluar las implicaciones de tipo económico, por lo que se recomienda realizar investigaciones detalladas para conocer el costo por kilogramo de cerdo producido al emplearse en la alimentación ensilado con fracción sólida de excretas porcinas. Así mismo, otro punto importante de considerar será la evaluación de las canales de animales bajo este tipo de alimentación.

LITERATURA CITADA

1. López GG. Importancia del reciclaje de excretas porcinas. *Acontecer porcino* 1994;2(10):5-12.
2. Salazar GG. Algunas consideraciones sobre el manejo y valor de las excretas en la alimentación animal. *Memorias del XIV Congreso Panamericano en Ciencias Veterinarias*; 1994 octubre 9-15; Acapulco. Guerrero, México. PANVET, 1994:595-596.
3. Day DL. Aprovechamiento de excretas animales, como ingredientes para raciones alimenticias. *Porcira* 1988; 11(134):41-55.
4. Angeles AM, Loeza RL, Cuarón JA. Evaluación de un sistema de almacenamiento con base en ensilaje de sorgo, melaza más soya para cerdas gestantes. *Síntesis porcina* 1985;4:38-41.
5. Duarte VF, Magaña CA, Rodríguez GF. Utilización de heces en la alimentación animal. I Caracterización químico-nutricional de heces de bovino y porcinos. *Tec Pec Méx* 1990; 28(1):22-29.
6. Peñalva G. Reciclaje de heces en alimentación de hembras. *Porcira* (1984) 8(93):24-39.
7. Rizo G, Iñiguez G, Robles A. Sistema de reciclaje de desechos en granjas porcícolas. *Memorias de XXIV Congreso Nacional AMVEC*; 1989 julio; Morelia (Michoacán) México. Toluca (Edo. de México): Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, 1989:98-100.
8. Pérez ER. La ganadería porcina y el medio ambiente. *Desarrollo porcícola* 1992; 7:4-6.
9. Pérez RE. Porcicultura y medio ambiente. *Memorias del segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos*; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro)

México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, A.C. e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997:10-12.

10. Conrad JH and Mayrose VB. Animal waste handling and disposal in confinement production of swine. *J Anim Sci* 1971; 32(4):811-815.

11. Walter F. El estiércol del ganado porcino. *Porcira* (1982); 6(67):25-30.

12. Kato, M L. La producción porcícola en México: Contribución al desarrollo de una visión integral. UAM. México 1995.

13. Vanderholm DH. Handling of manure from different livestock and management systems. *J Anim Sci* 1979; 48 (1): 113-120.

14. Tuzo PE. Ventajas e inconvenientes de la fertilización con residuos ganaderos. Factores a tener en cuenta. Memorias del segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, A.C. e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997:54-57.

15. Clawson WJ. Economies of recovery and distribution of animal waste. *J Anim Sci* 1971; 32(4):816-820.

16. Cañizarez VRO. Tratamiento terciario de residuales porcinos utilizando microalgas. Memorias del XIV Congreso Panamericano en Ciencias Veterinarias; 1994 octubre 9-15; Acapulco. Guerrero, México. PANVET, 1994:598-600

17. Zepeda PR. Larvas de mosca, alimento y descontaminación. *Síntesis Porcina* 1997;2:13-14.

18. Moser MA. Tratamiento para otros usos: recuperación de metano. Memorias del segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, A.C. e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997b:18-24.

19. Bhattacharya AN, Taylor JC. Recycling animal waste as a feedstuff: A review. *J Anim Sci* 1975; 41(5):1438-1457.

20. Escobedo GCL. La contaminación y la definición de tecnología. Memorias del XIV Congreso Panamericano en Ciencias Veterinarias; 1994 octubre 9-15; Acapulco. Guerrero, México. PANVET, 1994:600-602.
21. Wilkinson SR. Plant nutrient and economic value of animal manures. J Anim Sci 1979;48(1): 121-133.
22. Fontenot J P, Smith LW, Sutton AL. Alternative utilization of animal wastes. J Anim Sci 1983; 7(2):221-233.
23. Taiganides EP. Manejo de desechos en ganadería, métodos prácticos en la perspectiva mundial y latinoamericana. Memorias del XIV Congreso Panamericano en Ciencias Veterinarias; 1994 octubre 9-15; Acapulco. Guerrero, México. PANVET, 1994:597-598.
24. Campabadal, C. Utilización de cerdaza en el ganado de carne. Acontecer Bovino 1995; 1(3):4-10.
25. Helmer JW. Monitoring the quality and safety of processed animal waste products sold commercially as feed. J Anim Sci 1980; 50(2):349-355.
26. García SJ. Evaluación del efecto de la adición de un ensilado elaborado a base de cerdaza y sorgo sobre el comportamiento productivo de cerdos alimentados durante la etapa de desarrollo (tesis de licenciatura). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1993.
27. Harmon BG. Potential for recycling swine waste. Feedstuffs 1974;46(9):40-42.
28. León RR. Ensilaje de la planta de maíz con estiércol de cerdo y bovino en alimentación de rumiantes (tesis de licenciatura). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1993.
29. Moser MA. Tratamiento de residuales porcinos para uso en riego agrícola. Memorias del segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos; 1997 octubre 22-30.
30. Vega VF, Romero SHL. Daños y soluciones ecológicas en las granjas porcícolas. Porcira 1987;11(131):62-68.

31. Anónimo. En Holanda el problema son las excretas. *Síntesis porcina* 1988;7(7):26.
32. Molina JR. Utilización de la cerdaza en la alimentación animal. Una alternativa para disminuir la contaminación ambiental. *Memorias del segundo seminario sobre Manejo y Reciclaje de residuales porcinos*; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, A.C. e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997:63-65.
33. Franco G. Colección y manejo del agua residual. *Memorias del segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos*; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, A.C. e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997:32-40.
34. Taiganides EP, Pérez ER, Girón SE. Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México. México: Consejo Mexicano de Porcicultura, 1996.
35. SEMARNAP. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. *Diario Oficial de la Nación* 1996 enero 1º:68-86
36. San Martín R. Alternativa química para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Memorias del segundo seminario sobre Manejo y Reciclaje de residuales porcinos*; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, A.C. e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997:27.
37. English PR, Fowler VR, Baxter S, Smith B. The growing and finishing pig. *Improving Efficiency*. Britain: Farming Press, 1988.
38. Salazar GG. Manejo del estiércol de cerdo para su reciclaje en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento-finalización (tesis de maestría). Cuautitán Izcalli (Edo. de México): Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM, 1994.
39. Martínez GR, Castrejón PF, Herradora LM, Pradal RP, Galván PE. Caracterización bacteriológica de excretas porcinas en una granja de ciclo completo. *Memorias del XXXIII*

- Congreso Nacional; 1998 agosto 12 -16; Guanajuato, Guanajuato, México. Toluca (Edo. de México): Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, 1998:85-87.
40. Hernández BCC. Determinación de bacterias patógenas en ensilados de excretas porcinas con caña de azúcar (tesis de licenciatura). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1997.
41. Ochoa CM, Medina GJL, Barrón ZG. Efecto de la desecación natural de la cerdaza sobre su composición química y contaminación por agentes patógenos. *Tec Pec Méx* 1989;28(1): 93-107.
42. Rook JAF, Thomas PC. *Ensilaje para producción de leche*. Uruguay: Hemisferio Sur, 1981.
43. Watson SJ, Smith AM. *El ensilaje*. México: Continental, 1963.
44. Toledo AB. Caracterización nutricional de ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza (tesis de licenciatura) México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1997.
45. Anthony WB. Animal waste value-nutrient recovery and utilization. *J Anim Sci* 1971;32(4):799-802.
46. Díaz J, Díaz CP, Elias A. Nota sobre el uso de ensilajes de excreta de preceba porcina y miel final enriquecidos o sin enriquecer con otros alimentos para cerdas gestadas. *Rev Cubana Cienc Agríc* 1988;22(2):169-172.
47. Iñiguez G, Robles A, Vega R. Comportamiento de cerdos en crecimiento (25-60kg) alimentados con diferentes niveles de inclusión de sólidos recuperados de la misma granja. *Memorias de XXIV Congreso Nacional AMVEC*; 1989 julio; Morelia (Michoacán) México. Toluca (Edo. de México): Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, 1989: 101-103.
48. Orr DE, Miller ER, Ku PK, Bergen WG, Ullrey DE. Recycling of dried waste in swine. *J Anim Sci* 1971;33:1152-1153.

49. Diggs BG, Daker Jr. B, James FG. Value of pig feces in swine finishing rations. *J Anim Sci* 1965; 24: 291.
50. Rojas GO. Ensilaje de excretas de cerdo en la etapa de finalización (tesis de licenciatura). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1984.
51. Amdt DL, Day DL, Harfield EE. Processing and handling of animal excreta for refeeding. *J Anim Sci* 1979; 48(1): 157-162.
52. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México: Instituto de Geografía. UNAM. ,1988.
53. *National Research Council. Nutrient requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine.* 9th. ed. USA: National Academy Press,1988.
54. AOAC. *Methods of the Association of Analytical Chemist.* 12th ed. USA: Association of Official Analytical Chemist, 1975.
55. Hubbard, D.D. *Guidelines for uniform swine improvement programs.* Washigton: *Extension service.* USDA, 1981.
56. Steel RGD, Torrie JH. *Principles and procedures of statistics.* 2nd ed. Singapore: MCGraw-Hill,1984.
57. Stanogias G, Pearce GR. The digestion of fibre by pigs. 1. The effects of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. *British Journal of Nutrition* 1985;53(3):513-530.
58. Naylor JM, Ralston SL. *Large Animal. Clinical Nutrition.* USA: Robert. W. Reinhardt editor,1991.
59. Noblet J, Le Dividich J, Bikawa T. Interaction between energy level in the diet and environmental temperature on the utilization of energy in growing pigs. *J Anim Sci* 1985; 61(2): 452-459.

CUADROS

CUADRO 1. PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL Y MATERIA SECA

ETAPA	PESO VIVO Kg	HECES Y ORINA/DÍA	
		Kg	litro
Destete	15	1.0	1.04
Crecimiento	30	1.8	1.90
Finalización	70	4.3	4.40
Finalización	90	5.7	5.80
Cerda no gestante	125	—	4.03
Cerda gestante	130	4.2	—
Cerda con camada	170	15.1	4.90
Verraco	160	5.3	4.90

Fuente:

Pérez RE. Memorias del segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, A.C. e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997:10-12

Walter F. Porcira (1982); 6(67):25-30.

CUADRO 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS HECES DE PORCINOS (BASE SECA)

COMPONENTE %	INICIACIÓN	FINALIZACIÓN	REPRODUCTORAS	MIXTAS ¹
Materia Seca	28.4 ± 3.3	28.5 ± 3.7	38.5 ± 10.7	27.00
Proteína Cruda	27.2 ± 3.3	26.5 ± 4.1	18.9 ± 6.3	23.80
Grasa Cruda	—————	—————	—————	1.10
Materia Mineral	19.3 ± 2.9	21.6 ± 4.5	39.1 ± 18.5	9.58
Fibra Cruda	—————	—————	—————	10.03
FND	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	3.6 ± 1.9	5.6 ± 1.4	3.7 ± 2.4	—————
Sílice	3.4 ± 2.2	3.5 ± 1.8	6.2 ± 15.2	—————
Celulosa	11.4 ± 2.9	12.7 ± 4.8	4.4 ± 7.2	—————
Hemicelulosa	21.3 ± 3.6	22.1 ± 3.9	15.2 ± 5.4	—————
Calcio	4.6 ± 1.0	5.2 ± 1.1	4.7 ± 1.1	—————
Fósforo	1.4 ± 0.7	1.6 ± 0.4	1.5 ± 0.5	—————
Cobre (ppm)	708.2 ± 1509	273.1 ± 139.1	316.4 ± 731.6	—————

Fuente:

Duarte. Tec Pec Méx 1990; 28(1):22-29.

Salazar. (tesis de maestría). Cuautitán Izcalli (Edo. de México): Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM, 1994.

± desviación estándar

¹ Excretas recolectadas de todas las etapas de una granja.

CUADRO 3. COMPOSICIÓN DE EXCRETAS PORCINAS DESECADAS

NUTRIMENTO	%	NUTRIMENTO	ppm
Proteína Cruda	21.6	Fierro	455
Sodio	0.26	Zinc	509
Calcio	2.50	Manganeso	177
Fósforo	1.66	Cobre	108
Magnesio (ppm)	800		

Fuente:

Orr. J Anim Sci 1971;33:1152-1153.

CUADRO 4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE EXCRETAS ANIMALES

NUTRIENTE (base seca)	Cama de pollo	Excreta de pollo deshidratada	Excreta de Bovino	Excreta de cerdo
TND	73.0	52.0	48.0	48.0
Proteína Cruda	31.0	28.0	20.0	24.0
Fibra Cruda	17.0	13.0	20.0	15.0
Calcio	2.4	8.8	0.9	2.7
Fósforo	1.8	2.5	1.6	2.1
Magnesio	0.4	0.7	0.4	0.9
Potasio	1.8	2.3	0.5	1.3

Fuente:

Varios autores, citado por Smith LW, Wheeler WE. J Anim Sci;1979;48(1):144-156.

CUADRO 5. NIVELES DE ELEMENTOS CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES PORCINAS.

ELEMENTO	mg / l	ELEMENTO	mg / L
Nitrógeno	30 a 50	DBO ¹	5 a 1000
Amonio	80 a 90	SST ²	200 a 4000
Nitrato	3	Coliformes	10 millones/ 100 ml
Fosfato	80 a 90		

Fuente:

Escobedo. *Memorias del XIV Congreso Panamericano en Ciencias Veterinarias*; 1994 octubre 9-15; Acapulco. Guerrero, México. PANVET, 1994:600-602.

1. Demanda Bioquímica de Oxígeno.
2. Sólidos Suspendidos Totales.
3. Sólidos Sedimentados

CUADRO 6. SECRETARÍAS DE ESTADO Y LEYES QUE REGULAN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES PORCINAS.

SECRETARÍA	LEYES
Del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). A través de la Comisión Nacional del Agua	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, enero de 1988). Ley de Aguas Nacionales (LAN, diciembre de 1992).
De Hacienda y Crédito Público (SHCP)	Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFDMA, julio de 1991).
De Salud. A través de la Dirección general de Salud Ambiental.	Ley General de Salud (LGS, junio de 1991).

Fuente:

Taiganides. *Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México*. México: Consejo Mexicano de Porcicultura, 1997.

Tejada. *Memorias del segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos*; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, A.C. e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997: 28-31.

CUADRO 7. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO (BASE SECA).

COMPONENTE (%)	FRACCIÓN SÓLIDA DE CERDAZA	SORGO	PASTA DE SOYA	ENSILADO DE FRAC. SÓLIDA DE CERDAZA
Materia Seca	74.07	90.73	90.30	36.27
Humedad	25.93	9.27	9.70	63.73
Proteína Cruda	21.00	10.08	39.45	17.04
Extracto Etéreo	4.42	7.56	1.83	6.13
Cenizas	5.78	2.79	7.05	7.26
Fibra Cruda	14.87	3.22	3.82	4.04
Elementos libres de nitrógeno	53.93	76.35	47.85	65.53

CUADRO 8. PORCENTAJE DE INCLUSIÓN DE INSUMOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DEL ENSILADO DE FRACCIÓN SÓLIDA DE CERDAZA.

INGREDIENTE	% BH	% BS
Fracción sólida de cerdaza	82	58.7
Grano de sorgo molido	10	24.8
Melaza de caña	8	16.5

CUADRO 9. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS UTILIZADAS

INGREDIENTE (Kg/1000 Kg de alimento)	DIETA		
	0%	15%	30%
Ensilado	—	150.000	300.000
Sorgo	769.510	503.088	230.834
Soya	200.734	230.840	266.004
Carbonato	9.526	8.326	7.126
Fósforo	7.336	9.956	12.498
Aceite Crudo	4.674	89.120	173.974
Sal	3.600	3.602	3.594
Vitaminas	2.500	2.500	2.500
Minerales	1.000	1.000	1.000
Colina	0.500	0.500	0.500
Treonina	0.352	0.526	0.646
Lisina	0.268	—	—
Metionina	—	0.542	1.318

**CUADRO 10. APORTE ESTIMADO DE NUTRIMENTOS DE LAS DIETAS UTILIZADAS
(COMPOSICIÓN EN BASE SECA)**

NUTRIENTE (%)	DIETA		
	0%	15%	30%
Materia Seca	93.44	86.42	81.62
Proteína Cruda	14.9	14.7	14.7
Extracto Etéreo	1.65	14.4	22.84
Fibra Cruda	2.61	3.03	3.81
Lisina	0.78	0.78	0.82
Calcio	0.57	0.57	0.57
Energía Digestible Mcal/Kg	3.2	3.2	3.2

CUADRO 11. GANANCIAS DE PESO DE CERDOS EN FINALIZACIÓN ALIMENTADOS CON ENSILADO DE FRACCIÓN SÓLIDA DE CERDAZA.

PARÁMETROS	TRATAMIENTO			
	(Kg)	n	0%	15%
Ganancia total de peso / corral	6	209.483 ^a (12.076) ¹	212.776 ^a (12.257)	211.266 ^a (20.515)
Ganancia total de peso / animal	42	30.909 ^a (0.949)	31.335 ^a (1.124)	30.180 ^a (1.270)
Ganancia diaria de peso	42	0.779 ^a (0.019)	0.751 ^a (0.023)	0.728 ^a (0.022)
Ganancia diaria de peso ajustada a 104.42 Kg PV	42	0.659 ^a (0.017)	0.691 ^b (0.017)	0.633 ^a (0.020)

¹ Promedio y error estándar de la media entre paréntesis

^{ab} Literales distintas en renglón indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

CUADRO 12. PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN EN CERDOS DE FINALIZACIÓN ALIMENTADOS CON ENSILADO DE FRACCIÓN SÓLIDA DE CERDAZA

PARÁMETROS (Kg)	n	TRATAMIENTO		
		0%	15%	30%
Ganancia total de peso / corral	6	209.483 ^a (29.580)	212.766 ^a (12.257)	211.266 ^a (20.515)
Consumo de materia seca / corral	6	627.37 ^a (43.301)	601.17 ^a (24.140)	567.17 ^a (54.084)
Conversión alimenticia	6	2.99 ^a (0.111)	2.84 ^{ab} (0.068)	2.69 ^b (0.075)

^a Promedio y error estándar de la media entre paréntesis
^{ab} Literales distintas en renglón indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

CUADRO 13. GANANCIAS DE PESO DE CERDOS EN FINALIZACIÓN ALIMENTADOS CON ENSILADO DE FRACCIÓN SÓLIDA DE CERDAZA

PARAMETROS	BLOQUE			
	(Kg)	n	I	II
Ganancia total de peso / corral	6	212.166 ^a (19.699)	193.083 ^a (8.995)	228.266 ^a (11.180)
Ganancia total de peso / animal	42	31.292 ^a (1.252)	27.583 ^b (0.752)	33.550 ^a (1.103)
Ganancia diaria de peso	42	0.766 ^a (0.022)	0.779 ^a (0.019)	0.713 ^b (0.022)
Ganancia diaria de peso ajustada a 104.42 Kg PV	42	0.615 ^a (0.023)	0.691 ^b (0.015)	0.677 ^b (0.015)

^a Promedio y error estándar de la media entre paréntesis

^{ab} Literales distintas en renglón indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

CUADRO 14. PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE CERDOS EN FINALIZACIÓN ALIMENTADOS CON ENSILADO DE FRACCIÓN SÓLIDA DE CERDAZA

PARAMETROS		BLOQUE		
(Kg)	n	I	II	III
Ganancia total de peso / corral	6	212.16 ^a (19.699)	193.083 ^a (8.995)	228.266 ^a (11.180)
Consumo de materia seca / corral	6	581.766 ^{ab} (47.646)	541.890 ^a (19.288)	672.066 ^b (36.410)
Conversión alimenticia	6	2.76 ^a (0.101)	2.82 ^a (0.125)	2.94 ^a (0.049)

¹ Promedio y error estándar de la media entre paréntesis

^{ab} Literales distintas en renglón indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

CUADRO 15. FÓRMULA PARA OBTENER LA GANANCIA DIARIA DE PESO AJUSTADA A 104.4 KG DE PESO VIVO

GANANCIA DIARIA DE PESO AJUSTADA = Ganancia de peso del periodo / Duración

corregida de la prueba Ganancia de peso del periodo = 104.42 – Peso inicial.

Duración corregida de la prueba = Edad corregida - Edad inicial

Edad corregida = {Edad final - 38 / Peso final} {(104.42 – Peso final) + Edad final}

Fuente: Hubbard. D.D. Guidelines for uniform swine improvement programs. Extension service. USDA Washigton. 1981.

CUADRO 16. COSTO DE LA DIETA TESTIGO.

INSUMO	CANTIDAD (Kg)	PRECIO UNITARIO POR Kg	PRECIO DE 1000 Kg DE ALIMENTO	PRECIO POR Kg DE DIETA TESTIGO
Sorgo	769,510	1,50	1154,265	1,84
Soya	200,734	2,60	521,908	
Carbonato. de Ca	9,526	0,64	6,097	
Fosfato	7,336	3,97	29,124	
Grasa	4,674	4,20	19,631	
Sal	3,600	1,95	7,020	
Vitaminas	2,500	21,00	52,500	
Minerales	1,000	7,05	7,050	
Colina	0,500	11,96	5,980	
Treonina	0,352	70,15	24,693	
Lisina	0,268	48,87	13,097	
TOTAL (Kg)	1000,000		1841,365	

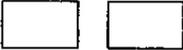
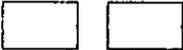
CUADRO 17. COSTO DE LA DIETA CON 15% DE INCLUSIÓN DE ENSILADO DE CERDAZA.

INSUMO	CANTIDAD (Kg)	PRECIO UNITARIO POR Kg	PRECIO DE 849,724 Kg DE ALIMENTO	PRECIO POR Kg DE DIETA 15%
SorgoSoya	503,088	1,50	754,632	2,23
Carb. de Ca	230,840	2,60	600,184	
Fosfato	8,326	0,64	5,32864	
Grasa	9,956	3,97	39,52532	
Sal	89,120	4,20	374,304	
Vitaminas	3,600	1,95	7,02	
Minerales	2,500	21,00	52,5	
Colina	1,000	7,05	7,05	
Treonina	0,500	11,96	5,98	
Metionina	0,526	70,15	36,8989	
TOTAL (Kg)	0,268	37,370	10,01516	
	849,724		1893,438	

CUADRO 18. COSTO DE LA DIETA CON 30% DE INCLUSIÓN DE ENSILADO DE CERDAZA.

INSUMO	CANTIDAD (Kg)	PRECIO UNITARIO POR Kg	PRECIO DE 699,982 Kg DE ALIMENTO	PRECIO POR Kg DE DIETA 30%
Sorgo	230,834	1,50	346,251	2,84
Soya	266,004	2,60	691,6104	
Carb. de Ca	7,126	0,64	4,56064	
Fosfato	12,498	3,97	49,61706	
Grasa	173,974	4,20	730,6908	
Sal	3,600	1,95	7,02	
VitaminasMinerales	2,500	21,00	52,5	
Colina	1,000	7,05	7,05	
Treonina	0,500	11,96	5,98	
Metionina	0,646	70,15	45,3169	
TOTAL (Kg)	1,300	37,370	48,581	
	699,982		1989,178	

FIGURAS

	TRATAMIENTO 0% INCLUSIÓN ENSILADO DE CERDAZA (T1)	TRATAMIENTO 15% INCLUSIÓN ENSILADO DE CERDAZA (T2)	TRATAMIENTO 30% INCLUSIÓN ENSILADO DE CERDAZA (T3)
BLOQUE I (SEMANA)	REPETICIONES 1 2  Corral 6 2	REPETICIONES 1 2  Corral 11 10	REPETICIONES 1 2  Corral 18 13
BLOQUE II	REPETICIONES 1 2  Corral 1 5	REPETICIONES 1 2  Corral 12 8	REPETICIONES 1 2  Corral 15 16
BLOQUE III	REPETICIONES 1 2  Corral 3 4	REPETICIONES 1 2  Corral 9 7	REPETICIONES 1 2  Corral 14 17

 Corral con 7 animales

FIGURA 1. DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO EN EL PRESENTE EXPERIMENTO

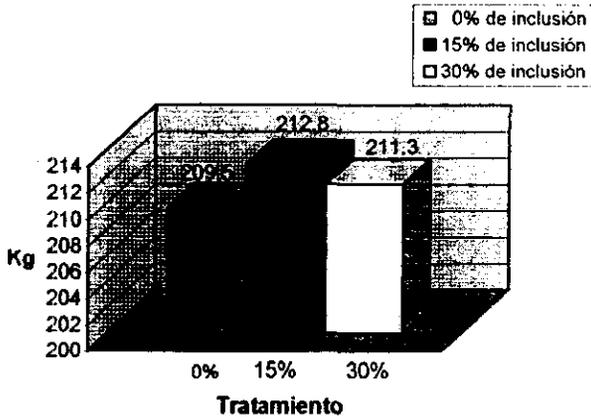


Figura 2. Ganancia total de peso por corral de cerdos alimentados con diferentes porcentajes de inclusión de ensilado de excretas porcinas.

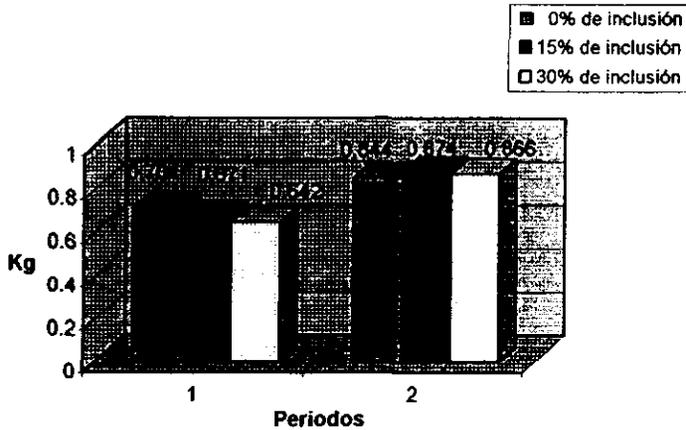


Figura 3. Ganancia diaria de peso promedio de cerdos alimentados con diferentes porcentajes de inclusión de ensilado de excretas porcinas.

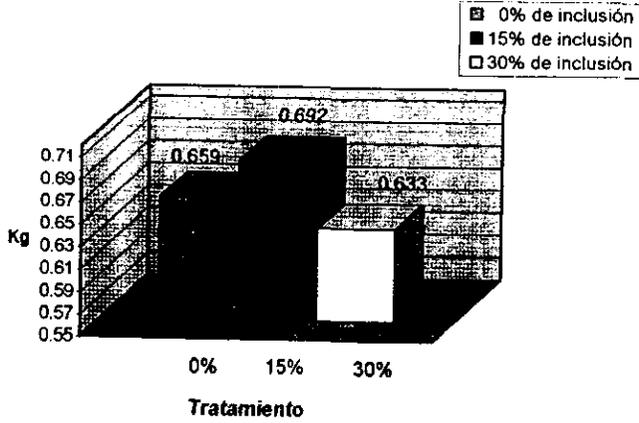


Figura 4. Ganancia diaria de peso ajustada a 104.42 Kg/PV en cerdos alimentados con ensilado de excretas porcinas.

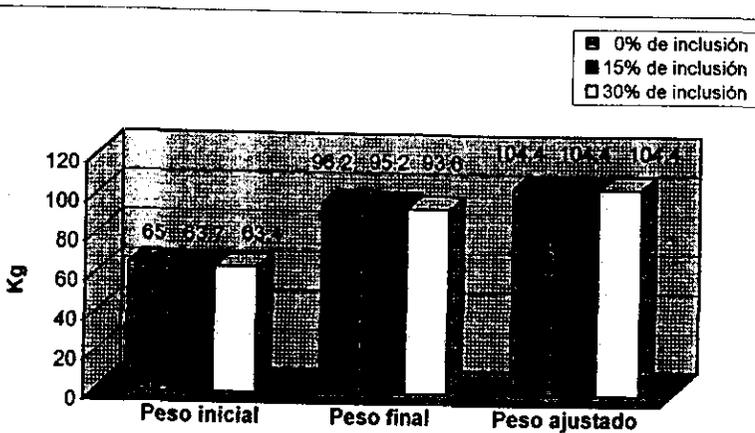


Figura 5. Peso inicial, final y peso ajustado a 104.42 Kg, en cerdos alimentados con diferentes porcentajes de inclusión de ensilado de excretas porcinas.

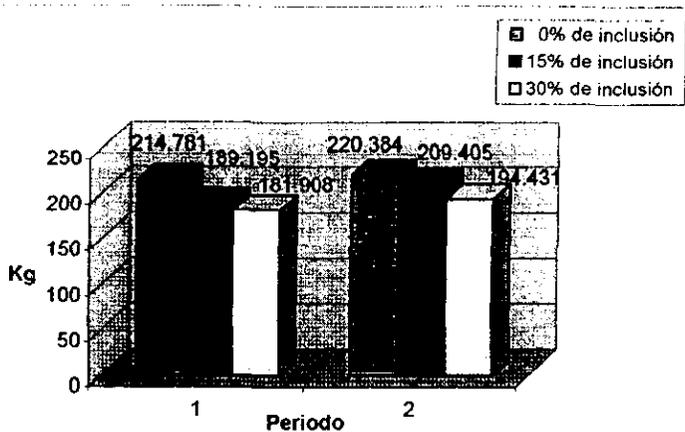


Figura 6. Consumo de materia seca por corral de cerdos alimentados con diferentes porcentajes de inclusión de ensilado de excretas porcinas.

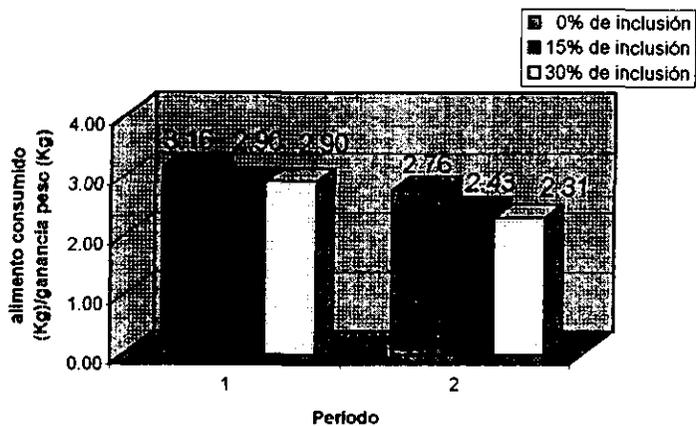


Figura 7. Conversión alimenticia promedio de cerdos alimentados con ensilado de excretas porcinas.

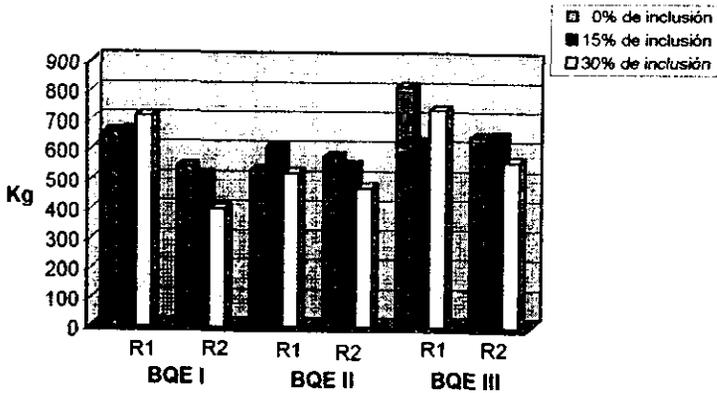


Figura 8. Consumo de materia seca por repetición de cerdos alimentados con diferentes porcentajes de ensilado de excretas porcinas.

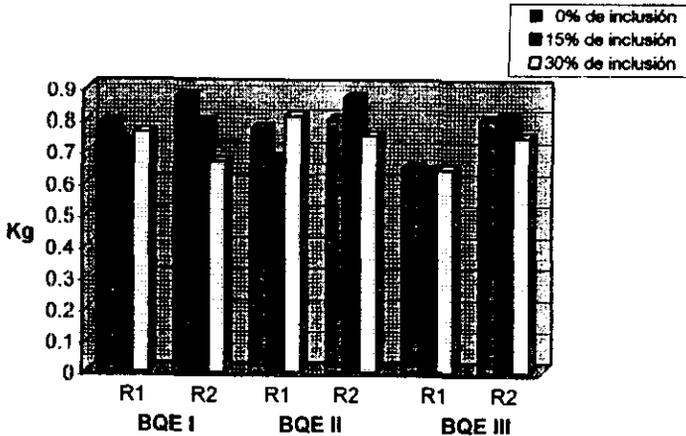


Figura 9. Ganancia diaria de peso por repetición de cerdos alimentados con diferentes porcentajes de inclusión de ensilado de excretas porcinas.

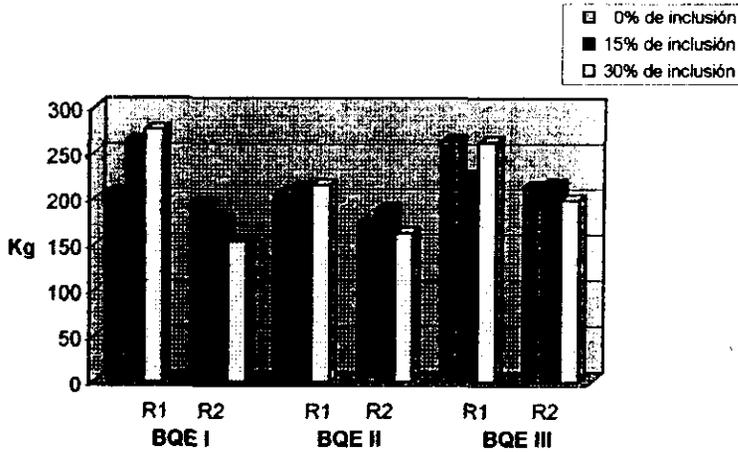


Figura 10. Ganancia total de peso por repetición de cerdos alimentados con diferentes porcentajes de inclusión de ensilado de excretas porcinas.

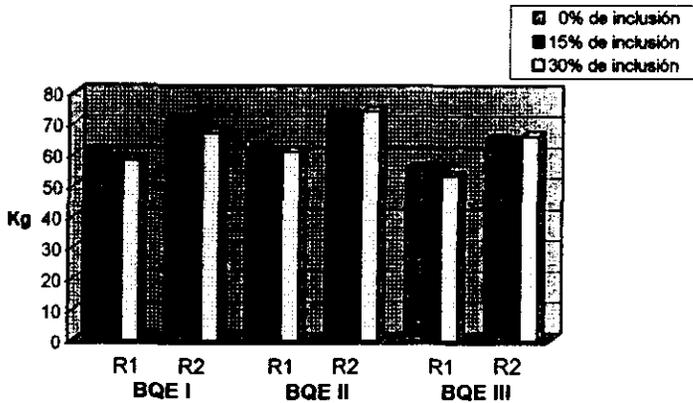
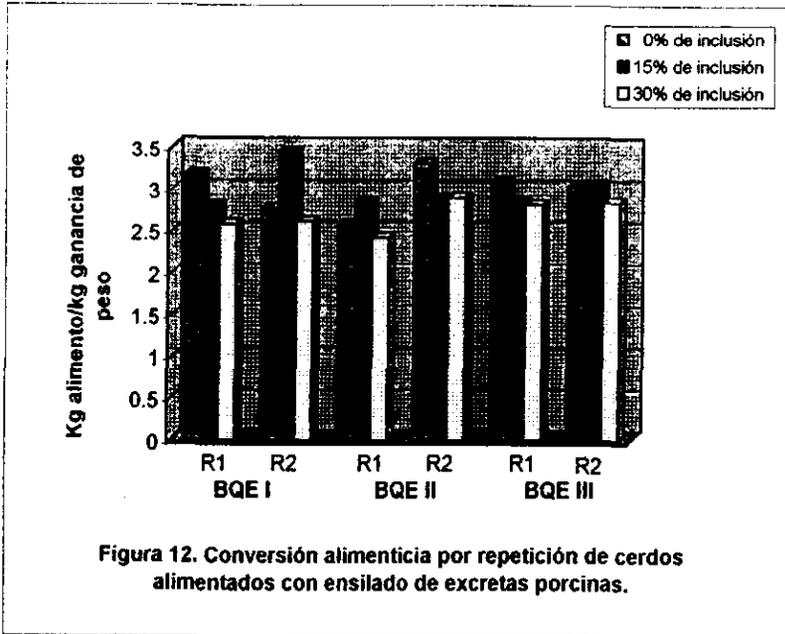


Figura 11. Peso inicial por repetición en cerdos alimentados con diferente porcentajes de inclusión de ensilado de excretas porcinas



**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**