



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IZTACALA**

**EVALUACION NUTRICIONAL DE LOS SOLIDOS  
RECUPERADOS DEL ESTIERCOL DE CERDO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A**

**MARIANELA PEÑA ROMERO**

**Los Reyes, Tlalnepantla**

**1986**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

Este trabajo se realizó en el  
Area de Ecología del Departa-  
mento de Biotecnología y Bio-  
ingeniería del Centro de In--  
vestigación y de Estudios ---  
Avanzados del IPN, bajo la di  
rección del M. en C. Gilberto  
Iñiguez C. y de la M. en C. -  
Ma. de Jesús Franco de I.

## CONTENIDO

	Pág.
Dedicatorias. . . . .	ii
Agradecimientos . . . . .	v
Resumen . . . . .	ix
Introducción. . . . .	1
Objetivos . . . . .	17
Plan de trabajo . . . . .	18
Materiales y Métodos. . . . .	20
Resultados. . . . .	37
Discusión . . . . .	42
Conclusiones. . . . .	59
Recomendaciones . . . . .	63
Tablás. . . . .	65
Figuras . . . . .	81
Bibliografía. . . . .	92

DEDICATORIAS

A mi Padre:

Cuyo ejemplo me ha impulsado a seguir siempre adelante.

A mi Madre:

Por su bondad, por ser una mujer ejemplar.

A ambos, por su apoyo y comprensión permanente en cada etapa de mi vida. Por su confianza.

A mis Hermanos:

Con quienes he compartido alegrías y sabores. Por su cariño. Siempre unidos.

A la "Doñita":

Por su contagiante alegría.

A mi esposo y a mi hija Marianela:

Con todo mi amor!

AGRADECIMIENTOS



Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo y muy especialmente a las siguientes:

Al M. en C. Gilberto Iñiguez C. por la confianza que depositó en mí al hacerme responsable de la realización de este trabajo tan interesante.

Al M. en C. Ma. de Jesús Franco de I. por la asesoría y dirección de este trabajo. Por todas sus sugerencias que me fueron de tanta utilidad. Por su amistad.

Al M. en C. Vicente López M. por permitirme utilizar algunos de los aparatos del laboratorio a su cargo. Porque siempre encontré en él una ayuda desinteresada y una amistad sincera.

Al Biol. José Luis Paredes, compañero y amigo de siempre.  
Gracias... por todo.

A mis amigos: Rosy, Gaby, Lety, Maru, Lilia, Mary, Rafael, José Luis y Beto por los momentos compartidos. Por los lazos de amistad y de cariño que nos unen.

A Violeta Ruiz C. por sus constantes sugerencias y su valiosa amistad.

Al grupo "AMVEC" (Asociación de Médicos Veterinarios Especia-

listas en Cerdos): Por haberme brindado la oportunidad de participar como ponente de este trabajo en su Congreso AMVEC'83. Por la inolvidable experiencia adquirida y por todas las enseñanzas que aprendí de la asociación, las cuales me fueron y me serán muy útiles en el desarrollo de mi vida profesional. Por su extraordinaria organización, que bien vale la pena mencionar, es digna de imitar por cualquier grupo de profesionistas.

A los animales de laboratorio, ratas, conejos, cuyos, ranas, etc.. a quienes debemos muchos de nuestros logros en la Investigación Científica. De alguna manera.... Gracias!

"Todo tiene su momento, y cada cosa su tiempo bajo el cielo: ¿Qué gana el que trabaja con fatiga? He considerado la tarea que Dios ha puesto a los humanos para que en ella se ocupen. Veo que no hay para él nada mejor que gozarse en sus obras, pues esa es su paga. Comprendo que no hay en él más felicidad que alegrarse y buscar el bienestar en su vida".

Ecles. 3: 1,9,22,10,12

**RESUMEN**

## R E S U M E N

El propósito de este estudio fue el de investigar la posibilidad de utilizar una porción del estiércol de cerdo para alimentación animal, basándose en el análisis proximal, microbiológico, calidad de la proteína y prueba de toxicidad de cobre. Los sólidos recuperados del estiércol de cerdo (SR) previamente diluidos 1:20 p/v los cuales fueron tamizados en una malla No. 50 y secados a 40°C fueron mezclados en diferentes niveles de sustitución 1, 15, 30, 45 y 60% con un alimento comercial (AC). El contenido de proteína varió muy poco en las mezclas. La digestibilidad *in vitro* de la proteína decreció en la medida que se adicionaron SR en las mezclas, obteniéndose un valor de 87.3% para la sustitución de 0% de SR y de 66.0% para el nivel de sustitución del 60%.

La calidad de la proteína fue evaluada por la Relación de Eficiencia Protéica (REP) y la Utilización Neta de Proteína (UNP) encontrándose un valor máximo de 1.24 y 24.12, respectivamente, para la mezcla 30% SR:70% AC. Esta mezcla mostró un adecuado perfil de aminoácidos y una buena composición de ácidos grasos. El análisis microbiológico de los SR mostró resultados negativos en los estudios de microorganismos patógenos (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Shigella* y *Pseudomonas*). La cuenta total de microorganismos, hongos y levaduras por el número más probable fue similar al encontrado en el AC para bovinos. El contenido de cobre en los SR fue de 170.35 ppm.

**INTRODUCCION**

Las encuestas censales arrojan datos exhuberantes del continuo y desmedido crecimiento de la población mundial. Esta explosión demográfica hace crónica la insuficiencia de alimentos, provocando una necesidad apremiante de localización de nuevas fuentes de proteína para consumo humano y animal (56).

La población nacional casi se cuadruplicó en el lapso comprendido entre 1940 y 1980, esperándose que para el año 1990 la población sea de 90 millones de habitantes (Tabla I), razón por la cual nuestro país en la actualidad se enfrenta a una serie de problemáticas de diversa índole, dentro de las cuales, una de las más severas es el compromiso de alimentar a su población que en su mayoría se encuentra subalimentada; además, estudios estadísticos revelan que el 40% de dicha población representada por el sector rural, es la que padece el más bajo nivel de ingresos (16). Es por eso que ahora más que nunca estamos obligados a administrar con más justicia nuestros recursos naturales en la búsqueda de una mayor eficiencia alimentaria. Dadas estas circunstancias, la demanda acentuada de productos de origen animal, particularmente carne y leche, han propiciado la expansión de los sectores ganadero y agrícola.

En la Industria Pecuaria el manejo que ha registrado una mejor respuesta por parte de los animales en todos los aspectos desde el destete hasta la finalización, a diferencia de los sistemas al aire libre, es el "confinamiento", el cual aporta grandes ventajas

en el control de parámetros que influyen directamente en el óptimo crecimiento del ganado tales como, luz, ventilación, temperatura, etc. que también benefician al ganadero; ya que el objetivo de este tipo de manejo es que los animales lleguen a la etapa de finalización en el menor tiempo posible con una óptima eficiencia de conversión (57).

El proceso evolutivo de las actividades pecuarias ha tenido notables avances ocurridos durante los últimos 40 años, nuevos descubrimientos científicos y tecnológicos han permitido criar animales en mayor proporción que en épocas pasadas (12). Sin embargo, en lo que respecta a nuestra ganadería, ésta puede considerarse como una gran empresa, pero integrada por un variado número de explotaciones con características muy heterogéneas, pues sólo un sector minoritario está compuesto por unidades altamente tecnificadas y coexistiendo con una gama de explotaciones menores que sólo alcanzan el rango de doméstico o semicomercial (16).

En términos de magnitud, se puede decir que el problema del desarrollo pecuario en México, ha pasado de las fronteras del ámbito ganadero a niveles que involucran a todos los sectores, incidiendo más profundamente en los de orden político, social y económico del país (16). Es evidente que la disponibilidad de productos pecuarios es insuficiente para satisfacer los requerimientos nacionales de carne, leche, huevo y lana de una población tan densa como la nuestra; obviamente el ritmo de la demanda es superior al de la oferta, situación que amplía el horizonte para alentar la producción. Por otro lado, los volúmenes de crédito y



financiamiento para el sector pecuario han sido insuficientes para satisfacer las necesidades de un desarrollo tecnificado de la ganadería, situación que obvia una producción pecuaria que utiliza tecnologías muy atrasadas, en donde también el carácter extensivo de la ganadería dificulta un control genético adecuado y el ejercicio de un manejo correcto de los animales (16).

El 80% de los pequeños ganaderos y de los ejidatarios no disponen de una asistencia técnica ni de recursos financieros para superar el nivel de sus explotaciones en los aspectos genéticos, alimenticios, sanitarios y de manejo. Además de la inestabilidad de la moneda nacional, la crisis económica por la que atraviesa el país y la mala organización de los productores entre sí, han favorecido el intermediarismo y la especulación en el mercado interno de los productos pecuarios debido a que estos siguen canales inadecuados de comercialización (16, 55, 67). Aún así, sin lugar a duda, la porcicultura es una de las actividades ganaderas que mayores éxitos tiene en cuanto a demanda se refiere (16), hecho que le ha conferido la necesidad de mecanizar sus explotaciones. Sin embargo, esta actividad se encuentra en desventaja frente a otros tipos de explotación ganadera, pues como es sabido, en la porcicultura los costos de alimentación representan del 55 al 82% del costo total de producción; además los principales ingredientes alimenticios consumidos por los cerdos compiten directamente con los de consumo humano, dado que la fuente de energía (granos) así como las fuentes de proteína pueden ser usadas directamente para la alimentación humana (36, 38, 57).

Las especies porcinas se explotan en todo el país enfrentándose en mayor o menor grado a los factores que dificultan su cabal desempeño como son: clima, disponibilidad de granos y subproductos agrícolas; determinando esto su grado de concentración y desarrollo en el país. Se puede considerar que el mayor auge de la porcicultura en el territorio nacional se localiza principalmente en las zonas Centro y Occidental, que comprenden los Estados de México, Puebla, Morelia, Tlaxcala, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco e Hidalgo (Figura 1). Estas zonas porcícolas por excelencia son las que menos limitantes tienen, ya que esta actividad ganadera se encuentra manejada con un alto grado de tecnificación. En los demás estados que comprenden las zonas del Golfo Sureste y Pacífico Sur, tienen como principal limitante que la porcicultura no es una actividad bien establecida. En general las condiciones de manejo se pueden dividir en 2 tipos: las explotaciones de tipo comercial altamente tecnificadas que ocupan un 15% y las pequeñas explotaciones rústicas; tradicionalistas y atrasadas las cuales ocupan el 85% restante, por lo que pocos porcuicultores aceptan innovaciones en sus granjas, sin embargo, la mayoría de los productores utilizan alimentos concentrados para sus cerdos (16).

La demanda de carne de cerdo ha ido aumentando a la par del crecimiento de la población nacional y ha sido cubierta por la producción nacional contando con eventuales excedentes que se destinan a la exportación a Estados Unidos y al Japón. La población porcina del país ha crecido en forma sostenida con leves registros de variación. Actualmente la tasa anual media de crecimiento es

de 5.2% con tendencia al aumento (Figura 2). La producción según los datos más recientes, correspondientes al año de 1986, es de 17,677,972 cabezas con una producción de carne de 1,293,221.0 toneladas (16) (Figuras 1 y 2).

La incidencia de enfermedades es baja en la actualidad, sin embargo, es de esperarse un grave problema si en el futuro se continúa con el constante tráfico de los animales que es uno de los problemas que afronta la industria porcina en México, además de la cadena de intermediarios que en ocasiones llega hasta 7 en el mercado de la carne (55) (Figura 3). Otros problemas de gran importancia son: la disponibilidad de animales de calidad, la adquisición y almacenaje de alimentos, la falta de asistencia técnica y los problemas zootécnicos derivados de la gran cantidad de estiércol de cerdo generado en las granjas de producción intensiva.

Paralelamente al aumento en el número de cabezas porcinas ha surgido el problema de la disposición de los desechos orgánicos, resultantes del metabolismo de estos organismos. El mismo hecho de confinar a un gran número de cerdos para intensificar la producción no solo trae consigo la ventaja de aumentar el número de animales por unidad de área, sino que el resultado de estas operaciones termina en dos productos finales: los animales y sus desechos (49). El que hacer con los desechos se ha tornado en un problema que cada día se acrecenta más; esto, ha alentado a poricultores, médicos veterinarios e investigadores a estudiar aspectos relacionados con el manejo, disponibilidad y nuevas alternativas de aprovechamiento de este subproducto pecuario, para

así inclusive considerarlo como un recurso económicamente valioso (32, 39, 50).

En cuanto a la cantidad de estiércol producido diariamente existe una gran variedad de criterios al respecto debido a que esta se ve influenciada por factores tales como: tipo de dieta, consumo de alimento, edad y sexo del cerdo, ingestión de agua y adición de materias extrañas. Pero basándose en el criterio de Jensen y col. (33), se tiene que se producen diariamente 3.49 kg de estiércol en base seca por cada 45.4 Kg de peso vivo. Si se asume que los 17, 677, 972 cerdos en el país pesaran 45.4 Kg cada uno, se obtendrá una producción estimada de 61,696,122 Kg por día, lo que hace una cantidad de  $2.2519 \times 10^{10}$  Kg anualmente. (Por esta razón se ha adquirido paulatinamente una mejor consideración en la planeación de las granjas por parte de los porcicultores con innovaciones en la construcción de sus instalaciones, de tal manera, que el manejo y la disposición de la excreta porcina se torne en operaciones fáciles y rentables (33, 39, 54).

La excreta porcina es una fuente potencial contaminante del agua, del aire y del suelo (38). En el aire, la contaminación se refiere a la presencia de gases tales como: amoníaco, bióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, principalmente, que son el resultado de la actividad microbiana de la excreta líquida; estos gases cuando se concentran en la atmósfera de las granjas han llegado a niveles tóxicos ocasionando en algunos casos malestares fisiológicos tanto en los trabajadores como en los propios animales e inclusive han provocado la muerte de los cerdos (33, 38) (Tabla II).

La dispersión superficial de las excretas en el suelo y en los ríos, presentan un mayor peligro de contaminación microbiana. En los cursos de agua naturales, la eutroficación se ha hecho presente provocando la asfixia de algunas especies acuáticas y en las tierras ocupadas como estercoleros provisionales se han encontrado *Salmonella sp* y *Escherichia coli* patógenas, estas bacterias pueden difundirse y provocar enfermedades en otras especies animales (13, 33, 38,41) (Tabla III).

✱ Por lo tanto, ante la urgente necesidad de combatir los riesgos que implica el mal manejo del estiércol de cerdo y sus consecuencias, se han unificado Ciencia y Tecnología para proponer y adecuar soluciones apropiadas a tales conflictos; de tal manera que hoy en día la Tecnología Ambiental ha surgido como una empresa con tareas bien definidas respecto a la administración, disposición y reutilización de los residuos de las actividades humanas (49).

✱ En la Industria Pecuaria, la Tecnología Ambiental ha proporcionado diferentes métodos de tratamiento de los desechos animales; en la Industria Porcina se han realizado una variada cantidad de investigaciones sobre la disposición, tratamiento y utilización del estiércol de cerdo.

De la revisión bibliográfica efectuada, se presenta en breve una recopilación de los trabajos realizados durante los últimos años, los cuales surgen como una alternativa para tomar la o las mejores decisiones sobre que hacer con tan grandes cantidades de estiércol, generadas en nuestras propias granjas, en donde aún con una basta cantidad de recursos naturales nos es difícil

todavía salir adelante de la crisis económica que impera en este momento. Es tiempo ya, de analizar las propuestas de los investigadores que en una gran cantidad de artículos publicados específicamente sobre estiércol de cerdo nos dan a conocer las propiedades y las características de este material, características que pueden llevar a considerarlo como un recurso natural renovable para su aprovechamiento.

#### ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DEL ESTIERCOL DE CERDO

##### \* COMO FERTILIZANTE O ABONO

La caracterización química del estiércol de cerdo manifiesta altos contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y elementos traza como Calcio, Magnesio, Zinc y Azufre. La cantidad en la que se encuentran estos elementos esta definida por las características de manejo y de la forma de colección del estiércol. Usualmente el contenido de nutrientes en el estiércol de cerdo es del 10 al 20% comparado con la mayoría de los fertilizantes químicos comerciales, por lo que se le ha considerado como un material de bajo valor en nutrientes para las plantas. Sin embargo, hay quienes sugieren que por el contrario el estiércol de cerdo puede ser considerado como una buena fuente de nutrientes y una magnífica aportación de materia orgánica (humus) para las plantas (22).

Los riesgos implicados en el uso del estiércol como fertilizante son el resultado básicamente de la alta concentración de este material en el suelo, pudiendose crear problemas tales como:

- Disminución en la capacidad de infiltración del suelo

- Concentración excesiva de nutrientes en la tierra especialmente de cobre
- Intoxicación por cobre de plantas y animales en pastoreo
- Transmisión de enfermedades
- Rechazo por animales de pasturas irrigadas con estiércol
- Incidencia mayor del olor (38)

#### PRODUCCION DE BIOGAS (METANO)

En los últimos años han cobrado especial interés, las fuentes alternativas de energía para la agricultura, especialmente en lo referente a la producción de biogas o metano, que se obtiene a partir de la digestión anaerobia de los desechos animales. Con el mejoramiento de la tecnología en la producción de biogas y el incremento en los costos de la energía, se prevee un aumento en la demanda de digestores así como de su equipo accesorio. En el suroeste de los Estados Unidos se trabaja con sistemas de conversión en gran escala que utilizan desechos animales (incluyendo el estiércol de cerdo) en la producción de metano y otros productos que se pueden comercializar (fertilizantes principalmente) los cuales operan satisfactoriamente (22, 37).

Una revisión de los aspectos teóricos de la producción microbiana de metano fue realizada por Bryant (9). El proceso fermentativo se realiza mediante bacterias anaerobias y bacterias facultativas las cuales obtienen energía para su crecimiento utilizando materia orgánica y produciendo  $\text{CO}_2$  y metano como

productos finales, en proporciones de 60 y 40% respectivamente (9, 17, 22, 59). Bryant, en sus trabajos discute sobre la estequiometría, cinética de crecimiento y factores ambientales que afectan la eficiencia de producción a lo largo del proceso fermentativo.

Esta operación es económicamente atractiva cuando se utiliza el gas en el momento en que se produce dado que los altos costos de manejo, almacenamiento y transporte son muy altos, además en términos generales en la producción de metano se requiere de equipo muy sofisticado y de una cuidadosa atención de la fermentación, lo que trae como consecuencia que la economía del proceso sea cuestionable (22).

#### COMO ALIMENTO PARA ANIMALES

El uso del estiércol de cerdo como alimento animal es conceptualmente atractivo porque reduce los costos de la alimentación y provee una solución parcial al manejo del desecho y a los problemas de contaminación ambiental; por esta razón durante los pasados 20 años se ha evaluado la posibilidad de usarlo como ingrediente alimenticio en animales de granja. Estos estudios tienen como objetivo la identificación de los nutrientes y del valor nutricional del estiércol de cerdo (39), por lo que se ha hecho necesario analizar las siguientes consideraciones:

- a). Composición de los nutrientes en el estiércol para determinar la estrategia de utilización y así poder estimar su valor.
- b). Beneficios monetarios que resulten de los costos de la



alimentación y la evaluación de la producción de carne, leche o huevo mediante la alimentación del ganado por medio del reciclaje del estiércol.

- c). Beneficios del control de la contaminación que como resultado de la práctica de los tratamientos y reutilización de estiércol traería consigo (39).

\* La reincorporación continua de los desechos fecales de los animales a la dieta de los mismos es conocido como "Reciclaje" (Figura 4). El resultado que ha tenido este tipo de manejo del estiércol indica como ya se mencionó anteriormente, una reducción notable en los costos de la alimentación animal y una disminución en la competencia por los granos que pueden ser destinados para consumo humano (3). De hecho, la coprofagia es una actividad que realizan normalmente algunos animales (22).

El estiércol puede ser empleado como fuente de nutrientes para los animales; se estima que la excreta de cerdo es de 3 a 10 veces más aprovechable como fuente de proteína que como fuente de energía (58); su aprovechamiento como nutriente depende del tipo de manejo y tratamiento al que haya sido sometido y en su utilización deben de considerarse los riesgos que implica la presencia de patógenos y residuos de drogas como aditivos y antibióticos en sus dietas (38).

#### SUSTRATO PARA SINTESIS DE PROTEINA MICROBIANA DE LARVAS E INSECTOS

La excreta de cerdo puede ser considerada como un buen sustrato para la producción de proteína para consumo animal a partir de

microorganismos tales como algas, bacterias, hongos, inclusive para obtener también proteína de insectos como mosca doméstica, lombriz de tierra, escarabajo de estiércol y mosca soldado entre otros (22, 38).

En la producción agrícola rural es frecuente observar el aprovechamiento de larvas de insectos y materia orgánica por parte de gallinas, pavos y patos en los estercoleros porcinos de rancherías y en los canales de transporte de las excretas hacia Lagunas de Fermentación. El consumo de larvas de insectos que se desarrollan en la excreta porcina pueden complementar la dieta de estas aves si se les permite ambular por estas áreas (23).

Una revisión mas extensa sobre la síntesis de proteína microbiana y de insectos a partir de estiércol de cerdo como sustrato ha sido realizada por varios autores. Uno de ellos, Calver (10), señala que ninguno de los sistemas contribuye sustancialmente como complemento protéico en la alimentación animal, sin embargo, los sistemas formados por algas son los más prometedores, ya que una alta cantidad de nitrógeno es convertida en proteína de alta calidad. El mayor obstáculo en la recuperación de las células está en la gran cantidad de agua que contiene este sistema. Los sistemas con bacterias, levaduras y hongos también muestran ser prometedores aunque no se ha ahondado en su estudio lo suficiente. Las moscas y lombrices hacen que la proteína de los desechos animales sea más digerible por otros animales, sin embargo no pueden sintetizar proteína de nitrógeno que no sea protéico.

Dentro de la práctica del reciclaje del estiércol se encuentran

dos tipos definidos: Reciclaje Homólogo y Reciclaje Heterólogo; el primero se refiere a la utilización de excretas de alguna especie dentro de esta misma especie y el segundo al empleo de excretas de alguna especie en otra distinta (23).

El estiércol de cerdo ha sido utilizado como alimento en reciclajes homólogo y heterólogo. De estos trabajos se pueden citar los siguientes:

Reciclaje Homólogo: En los mismos cerdos se ha reciclado el estiércol en forma seca (15, 35, 53), ensilado (5, 51), con el efluente líquido y con los sólidos de tanques de oxidación (24 a 29, 48, 70) y con estiércol tratado anaeróbicamente (27).

Reciclaje Heterólogo: La mayor cantidad de trabajos publicados se han realizado en rumiantes, alimentando con el estiércol a toros (30), ganado vacuno (20), y ganado ovino (6, 43, 64, 44, 45, 48).

En otras especies también se ha practicado el reciclaje del estiércol de cerdo tal es el caso de los trabajos realizados en pollos (8), patos (23) y peces (65).

#### RIESGOS DEL RECICLAJE DE ESTIERCOL DE CERDO

Uno de los riesgos más importantes a considerar en la práctica del reciclamiento de los desechos animales es el peligro de transmisión de enfermedades bacterianas tanto en los animales receptores como en la población consumidora de carne. Por esto el procesamiento de las excretas debe destruirlas y liberarlas de microorganismos patógenos como: *Erysipelotrix rhusio pathiae*,

*Listeria monocitogenes*, *Mycobacterium avis*, *Candida albicans*,  
*Aspergillus fumigatus*, *Clortridium botulinum* y *Salmonella* spp (38).

En el período de 1966-1970 el 15% de las Leptospirosis humanas en E.U. provinieron de la excreta de cerdo y ganado (6). Otros autores en un estudio de la incidencia de virus en las excretas, de 22 muestras de excreta líquida de cerdo, encontraron que 17 tenían Enterovirus, Adenovirus y Coranovirus (13). De aquí la vital importancia que tiene la elección del tipo de tratamiento al que debe ser sometido el estiércol de cerdo para su estabilización biológica (41).

Otro de los problemas implicados en el reciclaje son las sustancias residuales de la dieta presentes en el estiércol de cerdo, tales como antihelmínticos, antibióticos, arsenicales, cobre, nitrofuranos y sulfonamidas que son sustancias comúnmente incorporadas en sus dietas (21). Al respecto algunos autores concluyeron que no hubo evidencias de que el reciclaje de excreta presente riesgos a la salud humana, además, concluyeron que la alimentación con excretas no alteró el gusto de la carne, leche y huevos (22).

#### SEPARACION SOLIDO-LIQUIDO EN EL ESTIERCOL DE CERDO

Para lograr abatir la contaminación producida por la acumulación de los desechos animales (especialmente del estiércol de cerdo) se requiere más de un sólo tratamiento, siendo el sistema ideal de manejo, de tratamiento y de disposición de la excreta, aquél que permita el mejor comportamiento por parte del animal, que es indicado por ganancias de peso óptimas y la mejor eficiencia de conversión y calidad de la canal, además no debe de reducir la

cantidad de oxígeno disponible y junto con la ventilación, debe mantener los gases nocivos por debajo de los niveles tóxicos y los olores a un nivel mínimo, debe ser automatizado y requerir una cantidad mínima de mantenimiento siendo económicamente operable (11, 69).

De los sistemas de tratamiento existentes utilizados con más frecuencia para la estabilización del estiércol es el Tratamiento Aerobio, este sistema es considerado como el más eficiente para reducir el contenido orgánico de los desechos animales líquidos mediante degradación microbiana. Se ha evidenciado la necesidad de utilizar procesos físicos de separación de la fracción sólido-líquido del estiércol antes de ser tratados aeróbicamente, pues los elementos sólidos gruesos interfieren en el proceso de tratamiento debido a su lenta biodegradación microbiana, además de que elevadas concentraciones de éste provocan altos costos en la inversión y grandes problemas de operación en las unidades de tratamiento (49).

Entre los métodos más comunes para la Separación de Material Suspellido (SMS) se encuentran la Sedimentación, el Hidrociclón, la Centrifugación, la Filtración y el Tamizado. En la elección del método se consideran aspectos que van desde la claridad deseada del líquido recuperado hasta el costo del equipo (49).

La separación del material sólido por tamizado, confiere grandes ventajas a los sistemas de tratamiento aeróbico, pues se mejora el porcentaje de remoción de la materia orgánica en períodos de

tiempo más cortos (49). Además, por las características químicas y nutricionales, los sólidos recuperados por tamizado pueden ser empleados como suplemento en las dietas de rumiantes y de otros animales de granja (46, 53).

O B J E T I V O S

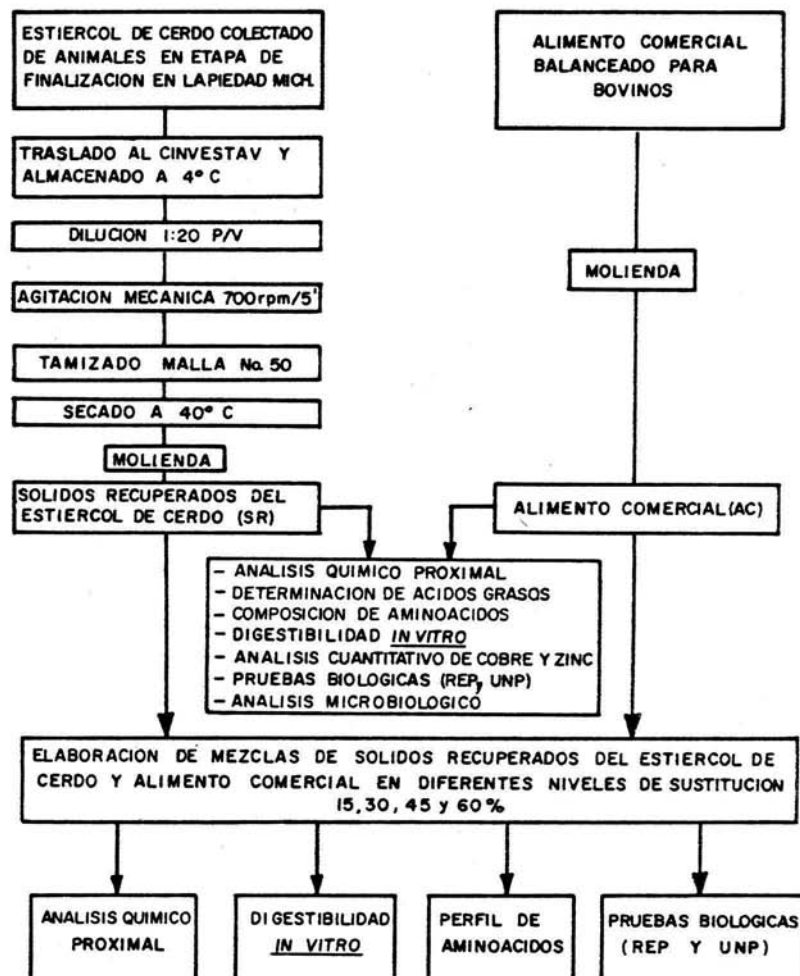
- VALORAR QUIMICAMENTE LOS COMPONENTES QUE CONSTITUYEN  
A ESTOS SOLIDOS
- EVALUAR LA CALIDAD PROTEICA DE LOS SOLIDOS RECUPERADOS  
DEL ESTIERCOL DE CERDO
- CONTRIBUIR CON ESTE ESTUDIO EN LA BUSQUEDA DE ALTERNA-  
TIVAS DE FUENTES ALIMENTICIAS DE BAJO COSTO PARA LA  
ALIMENTACION ANIMAL Y DE SOLUCIONES A PROBLEMAS DE  
CONTAMINACION

PLAN DE TRABAJO



# EVALUACION NUTRICIONAL DE LOS SOLIDOS RECUPERADOS DEL ESTIERCOL DE CERDO

## — PLAN DE TRABAJO —



MATERIALES Y METODOS

M A T E R I A L E S

1. MATERIA PRIMA.- La materia prima utilizada en este estudio para la elaboración de las mezclas experimentales, fue la siguiente:

a). Estiércol de cerdo (EC)

Obtención: cerdos en etapa de finalización.

Procedencia: La Piedad, Michoacán, dado que en esta región la concentración de cerdos por unidad de área es mayor que en cualquier ciudad del estado de Jalisco.

b). Alimento Comercial para Bovinos (AC)

Obtención: Industrias Blanco, S.A.

Procedencia: Tlalnepantla, Edo. de México.

Nombre Comercial: Nutri Bovinos/Engorda Supremo.

REG.SARH No. A-0108-023.

Ingredientes utilizados en su elaboración: Sorgo ó Maíz, pastas de semillas de oleaginosas, subproductos de trigo, maíz y de destilería de cebada en harina, melaza de caña, sal, roca fosfórica, calcio, cobalto, zinc, manganeso, Iodo, sodio y antioxidante.

Usos: Alimento para ganado de engorda.

2. REACTIVOS QUIMICOS.- En las determinaciones químicas del estiércol de cerdo y del alimento comercial tales como: análisis químico proximal, cromatografía de ácidos grasos, perfil de aminoácidos, digestibilidad *in vitro* y determinación de Cu y Zn, se utilizaron reactivos analíticos J.T. Baker, Sigma y Merck.

Para el análisis microbiológico de los materiales en estudio se utilizaron los siguientes medios de cultivo marca Bioxón:

Gelosa Sangre  
Vogel and Johnson  
Baird Parker  
Caldo Tetracionato  
Endo Salenito  
Agar Endo  
Agar S.S.  
Medio Verde Brillante Agar  
Medio Sulfito de Bismuto Agar

En la determinación de Relación de Eficiencia Proteica (REP) y de Utilización Neta de Proteína (UNP), se utilizaron los siguientes reactivos:

Mezcla de Vitaminas y Celulosa Teklad Test Diets, Catálogo No. 40060 y 160390  
Sales Minerales, Teklad Test Diets, Catálogo No. 170760  
Aceite comercial de cártamo  
Almidón de maíz  
Azúcar refinada  
Caseína Tecklad Test Diets, Catálogo No. 160040

#### M E T O D O S

1. COLECTA DEL ESTIERCOL DE CERDO.- El estiércol de cerdo fue obtenido de cerdos en etapa de finalización, colectado en los

corrales de las granjas porcícolas ubicadas en La Piedad, Michoacán. Los cerdos estuvieron alimentados con una dieta a base de maíz-sorgo (90%) y un suplemento único comercial (10%), según comunicación personal de uno de los porcicultores.

El estiércol fue trasladado en tambos herméticos de plástico a el departamento de Biotecnología y Bioingeniería del CINVESTAV-IPN, en donde se almacenó en un cuarto refrigerado a 4°C, para asegurar su estabilidad.

## 2. OBTENCION DE LOS SOLIDOS RECUPERADOS (SR)

### a). Dilución y Agitación

El estiércol de cerdo fue diluido con agua corriente en proporción de 1:20 (P/V) pesándolos en una balanza OHAUS, modelo 700. La suspensión se agitó a 700 rpm durante 5 min con un agitador mecánico marca CAFRAMO, modelo RZR3.

### b). Tamizado

El estiércol de cerdo diluido y agitado, se pasó a través de un tamiz (tipo estacionario) marca DUVESA, Malla No. 50, con un área abierta de 34.1% (0.297 mm) y se separó la fracción colectada en la criba.

### c). Secado

Los sólidos recuperados se colocaron formando capas delgadas, sobre charolas de acero inoxidable de 70 x 50 cm. en una estufa de vacío marca HERAEUS modelo RVT 500 a una temperatura constante de 40°C durante 48 horas.

d). Molienda

Una vez secos los sólidos recuperados se procedió a la molienda de los mismos; dado que el material se endureció debido a la pérdida de humedad, fue necesario utilizar cinco diferentes molinos y entre el uso de cada uno de ellos se tamizó la muestra para separar el pulverizado del tamaño deseado. Inicialmente los sólidos recuperados se molieron en mortero y posteriormente fueron pasados a un molino manual marca ESTRELLA, MEX., en donde se facilitó, aunque lentamente, la reducción del tamaño de las partículas. El material obtenido fue vertido en un molino eléctrico marca ATLAS con motor eléctrico POWER MOTOR C.A. de 1425 rpm. reduciéndose aún más el tamaño de partícula. Después, la muestra fue tamizada utilizando una malla No. 50 en un tamizador automático marca CETYLER modelo RX-24, en donde se separaron algunas diédrecillas consideradas como material acompañante del estiércol, adheridas durante la colecta y que podrían dañar a los siguientes molinos. La fracción retenida en el tamiz, se colocó en un molino de bolas, enseguida se tamizó de igual manera que en la fracción anterior; las partículas retenidas se pasaron a un molino de martillos marca WEBER & WHITE METAL WORKS, INC., y finalmente se utilizó un molino de cuchillas marca SCIENTIFIC APPARATUS hasta obtener una muestra que pasara la malla No. 60.

3. OBTENCION DE HARINA DE ALIMENTO COMERCIAL.- Para obtener la harina de Alimento Comercial se procedió a homogeneizar el

alimento, en un homogenizador eléctrico marca NORTON para después molerlo en los mismos molinos utilizados durante la molienda de los SR, hasta obtener un pulverizado de malla No. 60.

4. ELABORACION DE LAS MEZCLAS DE S.R. y A.C.- Se prepararon mezclas de S.R. y A.C. con diferentes niveles de sustitución (ver Tabla IV).
5. PREPARACION DE MUESTRAS PARA LOS ANALISIS QUIMICOS.- Se homogeneizaron perfectamente los S.R. y A.C., así como las mezclas elaboradas con éstos para tomar una muestra representativa de cada uno de ellos para sus análisis posteriores.
6. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL.- Una vez preparadas las muestras, el paso a seguir fue la elección de la técnica analítica adecuada a los objetivos de estudio. Se inició con la aplicación del análisis químico proximal, con el objeto de cuantificar sus principales componentes.

a). Humedad

El método utilizado para la determinación de humedad fue el 7-003/70 de la A.O.A.C. (1).

Aproximadamente 2.0 g de muestra se colocó en una charola de aluminio (a peso constante), se mantuvo a una temperatura de 105°C en estufa de vacío marca HERAEUS durante 12 horas; al término de las cuales la muestra fue colocada en un desecador hasta equilibrarla con la temperatura ambiente. Se pesó en una balanza analítica marca SARTORIUS INC. y por

diferencia de peso en la muestra se calculó el porcentaje de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra húmeda}} \times 100$$

b). Cenizas

El material mineral se cuantificó mediante la incineración de la muestra hasta la obtención de un residuo inorgánico correspondiente a la fracción de las cenizas, utilizando el método 7 - 010/70 de la A.O.A.C. (1).

2.0 g de muestra se colocaron en un crisol de porcelana (a peso constante) y se incineró en una placa de calentamiento con temperatura controlada. Posteriormente el crisol se introdujo en una mufla marca CAISA (Constructora de Aparatos Industriales) a una temperatura de 550 - 600°C durante 5 horas; se enfrió y se pesó, se calculó el porcentaje de cenizas de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{\text{Peso de la ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

c). Proteína Cruda

Para la determinación de la proteína cruda se utilizó el método microkjeldhal 42 - 014/70 de la A.O.A.C. (1) 100 mg de muestra se colocó en un matraz microkjeldhal, se le adicionó 2.04 g de mezcla catalítica en la siguiente proporción: 40 mg HgO + 2.0 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 2.5 ml de ácido sulfúrico concentrado. El matraz se colocó en un sistema de digestión



Labconco modelo 60300C, se consideró como término de la digestión cuando el residuo estuvo totalmente clarificado. Posteriormente la muestra se transfirió a un destilador marca LABCONCO Modelo 811 prospect, adicionando 10 ml de solución alcalina compuesta por hidróxido de sodio al 60% + tiosulfato de sodio al 5% en agua destilada y se destiló por arrastre de vapor. El destilado se recogió en un matraz erlenmeyer de 125 ml, el cual contenía 5 ml de una solución de ácido bórico al 5% + 3 gotas de indicador kjeldhal (rojo de metilo-azul de metileno) y se tituló con ácido clorhídrico 0.01 N hasta el vire color-violeta del indicador.

Cálculos:

$$\% \text{ Nitrógeno Total} = \frac{\text{ml HCl gastados} \times \text{Normalidad HCl} \times 14.007}{\text{Peso de la muestra en mg}} \times 100$$

El valor del Nitrógeno total se multiplicó por 6.25 para la obtención de Proteína Cruda.

d). Extracto Etéreo

Para la determinación de extracto etéreo, se usó el método 7-048/70 de la A.O.A.C. (1).

2.0 g de muestra seca y molida envuelta en papel filtro se colocó en un cartucho de extracción y se introdujo en un aparato Soxhlet. Se puso a peso constante en un matraz balón de fondo plano de 500 ml con perlas de vidrio para controlar la ebullición del solvente, utilizándose éter de petróleo. El tiempo de extracción para la muestra fue de 16 horas con una velocidad de condensación de 2 a 3 gotas por

segundo.

Al finalizar la extracción el cartucho fue retirado y el solvente se recuperó en el mismo sistema. El matraz balón conteniendo extracto etéreo se colocó en baño María para evaporar el éter residual y se mantuvo en una estufa de vacío a 100°C hasta peso constante. Posteriormente se dejó enfriar en un desecador para luego ser pesado. La diferencia de peso en la muestra inicial es considerada como grasa cruda y se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ E.E.} = \frac{\text{PFM} - \text{PIM}}{\text{PM}} \times 100$$

Donde:

E.E. = Extracto etéreo

PFM = Peso final del matraz

PIM = Peso inicial del matraz

PM = Peso de la muestra

e). Fibra Cruda

El método empleado para la determinación de Fibra Cruda fue el descrito por Van de Kamer y Ginkel (68).

2.0 g de muestra seca y desengrasada fue colocada en un matraz balón de 250 ml; se adicionaron 70 ml de ácido acético al 70%, 5 ml de ácido nítrico y 2.0 g de ácido tricloroacético y se puso a reflujo marcándose 30 minutos a partir de la ebullición. Posteriormente la mezcla se filtró en un embudo de vidrio de fondo poroso PYREX de 30

ml (a peso constante) y se lavó con agua caliente hasta la desaparición del olor a ácido acético. El filtro conteniendo los sólidos se secó a 105°C en una estufa de vacío durante 12 horas. Una vez seco se mantuvo en un desecador y se pesó. Para conocer la fibra cruda real se calcinó la fracción retenida en el filtro para restar el porcentaje de cenizas insolubles. Los datos fueron substituidos en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{g de Fibra} - \text{g de Cenizas}}{\text{g de muestra}} \times 100 =$$

Donde:

g de Fibra = Peso del filtro con fibra - Peso del Filtro.

g de Cenizas = Peso del crisol con fibra - Peso del crisol

f). Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.)

Se calculó por diferencia (1):

$$\% \text{ E.L.N.} = 100 - (\% \text{ H} + \% \text{ M.N.} + \text{P.C.} + \% \text{ E.E.} + \text{F.C.})$$

Donde:

% H = % humedad

% M.M. = % material mineral o cenizas

% P.C. = % proteína cruda

% E.E. = % extracto etéreo o grasa cruda

% F.C. = % fibra cruda

7. ANÁLISIS DE ACIDOS GRASOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES.- Se utilizó una modificación al método de Ken Hammarstrand (34). Para este análisis se utilizó la grasa cruda de la determinación del

extracto etéreo; la cual se disolvió con éter de petróleo y se vertió en un vaso de precipitado de 50 ml que fue llevado a sequedad en una parrilla de calentamiento a baja temperatura. Posteriormente se le adicionó cloroformo y metanol (para evitar la oxidación de los ácidos grasos) en proporción de 1:4, las muestras se preservaron a 4°C hasta su análisis posterior. La metodología seguida para el análisis de los ácidos grasos se encuentra desglosada en la Figura No. 10.

Los ácidos grasos contenidos en la fracción extraída se determinaron por cromatografía de gases. Las muestras fueron analizadas en un cromatógrafo cuyas especificaciones y condiciones de trabajo se anotan a continuación:

- Cromatógrafo de Gases HEWLETT PACKARD 5710
- Detector de ionización de flama
- Nitrógeno: 22 ml/min
- Columna: FFAP al 15%/Chromosorb HP 80/100 m 10 pies x 2.5 mm de diámetro interno
- Temperatura del detector: 300°C
- Temperatura del inyector: 250°C
- Temperatura de la columna: 200°C (4)' - 4°C/min → 250°C (16).

8. DETERMINACION CUANTITATIVA DE AMINOACIDOS.- Para la determinación cuantitativa de aminoácidos (con excepción del Triptófano), las muestras secas y desengrasadas fueron sometidas a un tratamiento previo para la eliminación del contenido de ácidos nucleicos, posteriormente se pesaron 2.0 mg de la muestra y se

colocaron en una ampollita a la cual se le agregó 1.0 mg de HCl 6 N y Mercaptoetanol; se sellaron las ampollitas y se hidrolizaron a  $105^{\circ}\text{C} \pm 2$  durante 24 horas. A continuación de la hidrólisis completa, el contenido de la ampollita se vertió en una caja de petri y se colocó en un desecador hasta llevar a sequedad el líquido contenido con la ayuda de vacío. Terminada la evaporación, el residuo se diluyó con 1.0 ml de solución buffer pH 3.25 y se filtró en un equipo Millipore; de la solución filtrada se tomaron 2  $\mu\text{l}$  que a su vez se mezclaron con 200  $\mu\text{l}$  de un estándar (Norleucina) y se homogeneizó perfectamente. De la solución anterior se tomaron 100  $\mu\text{l}$  y se inyectaron en un autoanalizador marca BECKMAN modelo 118 CL.

9. DIGESTIBILIDAD ENZIMÁTICA IN VITRO.- Se determinó por el método 7-040/70 de la A.O.A.C. (1). Se analizaron las materias primas (SR y AC), las diferentes mezclas (SR:AC) y caseína como patrón de comparación.

Se colocaron 0.5 g de la muestra previamente desengrasada y seca en botellas para digestión de 230 ml de capacidad, a cada una se le agregó 150 ml de una suspensión de Pepsina actividad 1:10 000 en concentración de 2.0 g/l en HCl 0.075 N.

Las muestras y el testigo (que contenía sólo la suspensión de pepsina-HCl), se colocaron en un agitador marca FUJI WORKS TIPO T-32 (Fuji Works LTD, JAPON) y se incubaron en una incubadora LAB-LINE, modelo 3557-8 (Lab-Line, Japón), a una temperatura constante de  $45^{\circ}\text{C}$  por 16 horas.

Transcurrido el tiempo de digestión, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm por 30 min en una centrifuga DAMON IEC, con el objeto de separar los residuos no digeridos. Del sobrenadante se tomaron alícuotas de 5.0 ml y se colocaron en matraces microkjeldhal para determinarles el nitrógeno solubilizado.

La digestibilidad de las muestras se calculó mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno Digerido} = \frac{\text{Nitrógeno solubilizado de la muestra} - \text{Nitrógeno de la Pepsina}}{\text{Nitrógeno Total de la muestra}} \times 100$$

10. DETERMINACION CUANTITATIVA DE Cu Y Zn.- A las muestras problema se les determinó la concentración de Cu y Zn en ppm, según el método del Standard Methods (2).

Se pesó 1.0 g de la muestra por duplicado para cada determinación (Cu y Zn) y se colocaron dentro de un matraz erlenmeyer de 250 ml agregándole 3 perlas de vidrio y 10 ml de una mezcla de los siguientes ácidos: 1 parte de ácido perclórico al 60% y 5 partes de ácido nítrico. Los matraces se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 16 horas y posteriormente se colocaron sobre una parrilla de calentamiento dentro de una campana de seguridad para llevar a cabo la digestión de las muestras.

La mezcla ya digerida y fría se transfirió a un matraz volumétrico de 1000 ml, aforándose con agua desmineralizada; a continuación esta solución se filtró en papel Whatman No. 1 y el filtrado se mantuvo a 4°C.

Las determinaciones de Cu y Zn fueron llevadas a cabo en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer Modelo 560. Las condiciones de trabajo bajo las cuales se efectuaron las determinaciones correspondientes fueron:

- Flama de aire-acetileno
- Longitud de onda = 325.2 nanometros
- Abertura de SLIT = 0.7
- Lecturas = Promedio de 5 registros

Se elaboró una solución patrón de Cu tomando 1.0 g de Cu metálico QP, el cual fue diluido en 40 ml de  $\text{HNO}_3$  y se aforó a un volumen final de 1000 ml con agua desmineralizada. La solución se guardó en frascos de polietileno a 4°C.

Para la elaboración de la solución patrón de Zn se utilizó Zn metálico QP y el procedimiento anteriormente descrito para Cu.

Diferentes volúmenes de las soluciones patrón se inyectaron en el aparato y se tomaron tres registros de absorbancia por cada dilución en donde la lectura a su vez fue el promedio de 5 registros (previamente programados en el aparato).

Para la determinación de Cu y Zn en las muestras problema se tomaron 2 lecturas de absorbancia que a su vez fueron promedio de 5 registros.

11. ANALISIS MICROBIOLOGICO.- Se analizó una muestra representativa de SR y AC previamente seca y molida. Las muestras fueron procesadas de acuerdo a las técnicas recomendadas por Standard

Methods para análisis de alimentos, APHA (1975) (2, 14, 18, 66). Los análisis practicados fueron los que a continuación se anotan:

- Cuenta total en placa de microorganismos en medio Agar Soya Trypticasefna, incubado a 32°C durante 8 h.
- Cuenta en placa de Hongos y Levaduras en medio Agar de Papa y Dextrosa, incubado a 25°C durante 5 días.
- Cuenta de Coliformes totales por la técnica del NMP (2).
- Cuenta de Coliformes fecales por la técnica del NMP (2).
- Cuenta de Clostridia en placa en medio de agar Tryptosa-sulfito-cycloserina (TSC) agar, incubado en atmósfera de CO<sub>2</sub> a 37°C durante 48 h (18).
- Presencia de Microorganismos patógenos: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *shigella* y *Pseudomonas* (2).

12. PRUEBAS BIOLÓGICAS.- Las pruebas biológicas se llevaron a cabo por la determinación de Relación de Eficiencia Protéica (REP) y Utilización Neta de Proteína (UNP) utilizando el método modificado de Sotelo y Florentino (61).

Determinación del Valor REP Y UNP

En la preparación de las dietas para las pruebas biológicas se utilizaron los SR, el AC y las mezclas de éstos con diferentes niveles de sustitución (0, 15%, 30%, 45% y 60% de SR) en combinación con los diferentes ingredientes de la dieta



basal para ratas que se describe en las Tablas V, VI y VII, de acuerdo al método 39.166 de la A.O.A.C. (1). Al mismo tiempo se elaboró una dieta control de caseína y otra libre de proteína.

A las dietas elaboradas se les verificó el contenido de proteína cruda.

Para los ensayos biológicos se adquirió un grupo de ratas macho de raza Wistar, del bioterio del CINVESTAV, de 21 a 23 días de edad recién destetadas, con un peso de 50 g aproximadamente. Los animales se alojaron en un cuarto acondicionado para ensayos, bajo un período de adaptación de 3 días, durante el cual se alimentaron con una dieta para ratas.

Después del período de adaptación, los animales se dividieron en 8 lotes de 6 ratas cada uno, procurando que los pesos y la distribución fueran homogéneas. Posteriormente las ratas se alojaron en jaulas individuales de acero inoxidable con piso de malla. Se les proporcionó la dieta experimental y agua *ad-libitum* en un período de ensayo de 21 días. Se llevó un control individual del comportamiento de cada rata. El formato utilizado para este control se presenta en la Figura 9.

El peso de los animales y el alimento consumido se registraron al inicio del experimento y posteriormente 2 veces por semana durante los 21 días que duró la prueba. Las dietas se mantuvieron en bolsas de polietileno y en refrigeración a 4°C durante el período de ensayo.

Al final del experimento, los animales se pesaron e inmediata-

mente se les dió muerte por inhalación con cloroformo; enseguida se procedió a la realización de la disección en cada rata y se extrajo una porción de hígado que se pesó y secó a 60°C con vacío. Se determinó el contenido de humedad del tejido y se molió finamente con mortero. A las muestras de hígado seco se les analizó el contenido de Nitrógeno Total utilizando el método del A.O.A.C. (1).

Los cálculos para determinar los valores REP y UNP se describen a continuación:

$$\text{REP} = \frac{\text{PESO GANADO (g)}}{\text{PROTEINA CONSUMIDA (g)}}$$

El REP se corrigió con caseína 2.5

$$\text{UNP} = \frac{\text{NITROGENO RETENIDO}}{\text{NITROGENO TOTAL EN EL GRUPO DE PRUEBA}} ;$$

de donde:

NITROGENO RETENIDO= (Nitrógeno corporal del grupo de prueba)-  
(Nitrógeno corporal del grupo aprotéico)

NITROGENO CORPORAL= Nitrógeno del hígado x Peso seco de hígado  
x Peso final del grupo de prueba

RESULTADOS

## 1. DETERMINACIONES QUIMICAS

### a). Análisis químico proximal

Se determinó la composición química proximal de los SR y del AC, así como de las mezclas de éstos en diferentes niveles de sustitución. Los resultados obtenidos son el promedio de tres determinaciones y éstos se encuentran expresados en las Tablas VIII y IX.

El contenido de proteína cruda en base seca de los SR fue de 15.41%, en el AC de 14.43% y en las mezclas se encontraron valores desde 14.66% para el 15% de sustitución de SR, hasta 15.34% correspondiente al 60%. En cuanto al contenido de cenizas, se obtuvo un porcentaje en base seca de 14.74%, en los SR y 5.74% para el AC; en las mezclas fue aumentando de 7.23% hasta 11.32% de acuerdo al contenido de SR adicionados.

El contenido de fibra cruda de los SR fue de 20.58% y de 10.27% en el AC. En las mezclas el porcentaje varió de 12.07% hasta 17.00% de acuerdo al incremento de SR.

En la determinación del extracto etéreo, los SR presentaron un valor de 4.65% y el AC de 2.41%; en cuanto al contenido en las mezclas, éste se incrementó de 3.04% a 3.84% de acuerdo al nivel de sustitución.

## 2. ANALISIS DE ACIDOS GRASOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES

Los resultados obtenidos en la cuantificación de ácidos grasos por cromatografía de gases del extracto etéreo de las muestras de SR y AC están expresados en la Tabla X.

El análisis del extracto etéreo de los SR registró la presencia de 8 ácidos grasos, en donde los valores más altos correspondieron al ácido palmítico (18.722%) ácido esteárico (26.587%) y ácido oléico (22.063%); el detectado en menor proporción fue el ácido láurico (0.144%).

Para el AC se registraron 7 ácidos grasos de los cuales el ácido linoléico (45.932%), el ácido oléico (21.242%) y el ácido palmítico (14.300%) fueron los que se encontraron en mayor proporción. El ácido graso no registrado fue el palmitoléico y el que se encontró en menor proporción fue el láurico (0.673%).

## 3. DETERMINACION CUANTITATIVA DE AMINOACIDOS

En la Tabla XI se presenta el contenido de aminoácidos (a excepción de Triptofano y de la cistina) de las muestras de SR, AC y de la mezcla 30% SR:70% AC. Todos los resultados están expresados en gramos de aminoácidos por cada 100 gramos de proteína. Los aminogramas correspondientes a estas muestras se presentan en las Figuras 5, 6 y 7.

## 4. DIGESTIBILIDAD ENZIMATICA IN VITRO

La digestibilidad *in vitro* se realizó cuantificando la proteína solubilizada de las muestras en presencia de Pepsina. Se realizó la prueba en las muestras de SR, AC y en las diferentes

mezclas estudiadas. Los resultados se encuentran localizados en la Tabla XII.

La digestibilidad de los SR fue de 53.12% y de el AC de 87.80%. Se observó que ha medida que la cantidad de sólidos recuperados aumentó en las mezclas, la digestibilidad fue disminuyendo.

#### 5. DETERMINACION CUANTITATIVA DE Cu Y Zn

Para la determinación de la concentración de Cu y Zn en las muestras de SR y AC se trabajó con soluciones patrón de Cu y Zn metálicos.

Para cada caso se calcularon las concentraciones en ppm y el porcentaje de cada uno de los metales. La concentración de Cu en los SR fue de 170.35 ppm y para el AC fue de 10.0 ppm. La concentración de Zn en los SR fue de 161.2 ppm y en el AC se registró un valor de 66.55 ppm.

#### 6. ANALISIS MICROBIOLOGICO

Los resultados de este análisis para las muestras de SR y AC se presentan en la Tabla XIII.

#### 7. PRUEBAS BIOLOGICAS

En la evaluación nutricional se determinaron la Relación de Eficiencia Proteica (REP) y Utilización Neta de Proteína (UNP) de las muestras de sólidos recuperados, alimento comercial y las mezclas con diferentes niveles de sustitución. Los valores obtenidos se encuentran expresados en la Tabla XIV.

El crecimiento de las ratas durante el periodo de ensayo está representado en la Figura 8, en donde se muestra la ganancia en peso del animal con respecto al tiempo. Como se puede observar, el grupo de ratas que mayor ganancia en peso alcanzó fue el alimentado con la dieta 30% SR:70% AC.

DISCUSSION



Los alimentos son sustancias químicas capaces de reaccionar y transformarse en el interior del animal, para mantenimiento del mismo y para ser convertidos en productos pecuarios mediante procesos biológicos (60). Para poder evaluar el desecho animal (estiércol) como un posible ingrediente alimenticio en la dieta de algunos animales, es necesario compararlo con los alimentos convencionales ya establecidos, es aquí donde cobra una gran importancia la química analítica de los alimentos, ya que el análisis propiamente dicho, funge como una herramienta que ha proporcionado la Ciencia para conocer la composición de los materiales destinados a la alimentación animal, teniendo sus fundamentos en disciplinas tales como: la Química Orgánica e Inorgánica, las Matemáticas, la Biología, la Física y la Físico-química. De hecho los avances en la Industria Pecuaria se deben en gran parte a los adelantos tecnológicos en lo que a análisis de alimentos se refiere (60). Evidentemente, el hombre ha tenido y tendrá que seguir analizando los Recursos Naturales de que dispone para la elaboración de los productos alimenticios e indiscutiblemente tendrá que recurrir a los procedimientos analíticos rutinarios en el laboratorio y en el campo para evaluar la composición química de la materia prima (63).

En el presente trabajo se analizaron como materias primas a los Sólidos Recuperados del estiércol de cerdo (SR), Alimento Comercial (AC) y las mezclas de ambos en diferentes niveles de sustitución.

Los valores cuantitativos que se muestran en las Tablas VIII y IX son el resultado del contenido de nutrientes de cada uno de los materiales analizados, los cuales muestran casi un valor constante en el contenido de humedad, los valores encontrados fluctúan entre 6.37% y 5.05% para las diferentes mezclas de SR:AC, en los SR se registró un valor de 4.02% y de 6.94% para el AC.

En cuanto al contenido de proteína en base seca se encontró un valor de 15.41% para los SR y de 14.43% para el AC; en las mezclas se observó un incremento de valores a medida que se adicionó SR en cada mezcla. Es importante mencionar que el manejo del estiércol influye directamente sobre la composición química del mismo e inclusive desde el mismo momento de la excreción, el material fecal está sujeto a la reducción de nitrógeno por volatilización (22), aún así como se puede observar en las Tablas VIII y IX se encontró un porcentaje de nitrógeno total bastante atractivo como para ser considerado como un material sin utilidad alguna.

La revisión bibliográfica realizada para conocer el contenido químico del estiércol de cerdo muestra una gran variedad de resultados, aún así como se expresa en la Tabla XV se logró presentar un valor en promedio para cada elemento según los diferentes autores consultados. En esta tabla, el contenido de proteína cruda es de 23.5% (en base seca) para el estiércol de cerdo; este valor no puede ser comparado con los resultados obtenidos en este estudio, dado que el material analizado correspondió única y exclusivamente a la fracción sólida retenida en un tamiz estacionario No. 50, es decir a lo que llamamos Sólidos Recuperados del estiér-

col de cerdo. Sin embargo, estos datos y los presentados en las tablas son herramientas auxiliares en el análisis de los resultados obtenidos.

Durante el proceso de tamizado, secado y molienda realizados en los SR se observó lo siguiente:

- a). La mayor cantidad de materia separada correspondió a residuos lignocelulósicos de las cubiertas de granos y al pelo del mismo animal.
- b). En menor proporción se encontraron pedazos de granos y granos completos.

En el análisis de cenizas, lo que se determina es el contenido de minerales posterior a la ignición del material en estudio. Los minerales son incluidos como sales en las dietas ya que no pueden ser sintetizados por el organismo (19). En la elaboración de las raciones para animales, se debe de considerar que el agua es una fuente importante de minerales, ya que ésta puede influir grandemente sobre la disponibilidad biológica de los elementos en los alimentos (19, 62). El contenido de cenizas en el AC fue de 5.74% y para los SR de 14.74% dato que es muy similar al reportado por diferentes autores para estiércol de cerdo (7, 22, 35, 47, 48, 64) en donde el promedio indica un  $14.1\% \pm 3.6\%$ . En las mezclas de SR:AC se encontraron valores desde 7.23% hasta 11.32% según fue aumentando el nivel de sustitución de AC por SR en la mezcla. El contenido de

fibra cruda en el AC fue de 10.27% y en los SR de 20.58%. El alto contenido de fibra en los SR se explica por la elevada cantidad de material celulósico residual de la digestión de granos presentes en el material, además de que los SR provienen de un material ya diluido y filtrado, en donde se recupera el material grande e insoluble en agua. El incremento en los valores para las mezclas de SR:AC era esperado en la medida en que los SR se adicionaron en la ración, encontrándose porcentajes desde 12.07 hasta 17.00%.

Mediante la técnica de Soxhlet es posible conocer el total de sustancias extraíbles con un solvente orgánico, de entre las cuales se pueden citar algunas como: aceites, lipoproteínas, ácidos orgánicos, vitaminas liposolubles, esteroides y fosfátidos, que en conjunto se denomina como grasa cruda (40). El contenido de extracto etéreo en el AC fue de 2.41% siendo de 4.65% para los SR. Los valores encontrados en las mezclas de SR:AC se incrementaron, aunque ligeramente, de 3.04% para el nivel del 15% de SR hasta 3.84% para el 60% de SR, encontrándose un ligero decremento en el valor 2.82% correspondiente al 30% de SR. En el estiércol de cerdo crudo (es decir sin tratamiento previo) algunos autores reportan un porcentaje de 8.02 y 6.6% de extracto etéreo (6, 22, 35, 47, 48, 52, 64).

El extracto libre de nitrógeno (ELN) corresponde a la fracción de los alimentos que contiene en su mayor parte azúcares y almidones. En una menor proporción se pueden encontrar vitaminas hidrosolubles y algunas veces celulosa, hemicelulosa y pectinas y ácidos orgánicos (40). Esta determinación al igual que las anteriores tiene una gran importancia, pues corresponde la fracción

energética del alimento. El valor del ELN más alto encontrado correspondió al AC con un 67.15% por lo que se comprueba que es un alimento comercial altamente energético, de hecho está prescrito para ganado de engorda. En los SR se encontró que el ELN fue de 44.62% por lo que en las mezclas los valores sufrieron un decremento en la medida en que se adicionaron SR en la mezcla, como se puede observar en las Tablas VIII y IX.

Estudios de energía gruesa se han calculado por calorimetría y se evidencia que el estiércol de cerdo crudo contiene 18100 Kj/Kg (52).

El método para determinar el contenido de grasa cruda permite conocer en forma global el contenido de sustancias extraíbles con éter de petróleo, mas no cuantifica los componentes individuales de ésta fracción; razón por la cual se consideró necesario analizar los tipos de ácidos grasos presentes en las muestras de SR y AC.

Los ácidos grasos son constituyentes de la mayoría de los lípidos y en forma común se hallan presentes en las grasas vegetales y animales y estos son particularmente interesantes en los estudios de nutrición (40).

Los ácidos linoléico, linolénico y araquidónico son considerados como ácidos grasos esenciales ya que estos no pueden ser sintetizados por los tejidos de los mamíferos (40).

En los SR se detectaron 8 ácidos grasos (como se puede observar en la Tabla X), el ácido esteárico presentó el valor mas alto

(26.587%) y en orden descendente el ácido oléico (22.063%) y el palmítico (18.722%). En la muestra analizada también se encontró ácido linoléico en proporción de 10.846% y linolénico en 3.820%. Las características de los ácidos grasos encontrados son el resultado del tipo de dieta ingerida. En el AC se registraron 7 de los 8 ácidos grasos analizados. Como se puede observar en la Tabla X, en el AC no se registró ácido palmitoléico y a diferencia de los SR el ácido linoléico correspondió al porcentaje más alto encontrado (45.932%), seguido por el ácido oléico (21.22%) y el ácido palmítico (14.300%), los dos últimos con contenidos similares a los de SR. El ácido graso encontrado en menor proporción en los SR y en el AC fue el láurico con valores de 0.144% y de 0.673% respectivamente.

Un alimento es considerado de baja calidad cuando su proteína presenta deficiencias de aminoácidos esenciales. Los aminoácidos son detectados mediante aminogramas los cuales cuantifican la cantidad y calidad de los aminoácidos presentes en la muestra (62).

En la Tabla XI se muestra la composición del perfil de aminoácidos de los SR, AC y de la mezcla que presentó los valores de REP y UNP más altos correspondientes a la mezcla 30% SR70% AC. Los valores obtenidos en los SR indican una buena composición en aminoácidos en comparación con la composición reportada por algunos autores para el estiércol de cerdo en base seca (6, 21, 35, 47, 48, 64). El contenido de aminoácidos en los SR es mayor en algunos casos al perfil de aminoácidos encontrado para el AC,

por lo que los aminoácidos encontrados en la mezcla 30% SR:70% AC se vieron incrementados también. El contenido de lisina para los SR fue de 4.971, en el AC de 3.886 y en la mezcla analizada fue de 4.580 gramos de aminoácidos por cada 100 gramos de proteína. En los SR el contenido de arginina fue de 4.472 aumentando en la mezcla de 30% SR:70% AC a 6.367 g aa/100g de proteína; también se observó que el contenido de histidina, ácido aspártico, ácido glutámico, glicina y tirosina se incrementó en la mezcla. No se registró cistina en ninguno de los casos y el valor de triptofano no se reporta ya que este aminoácido se pierde por la hidrólisis del método usado.

El aminograma realizado en las muestras sólo presenta el balance de aminoácidos sin considerar su disponibilidad biológica. Los enlaces que se originan entre grupos reductores presentes, grupos amino y compuestos carbonilo formados por oxidación de grasas y enlaces entre proteínas no son hidrolizados por enzimas digestivas, uniones que sin embargo, son hidrolizados por el tratamiento químico para estimar el contenido de aminoácidos (4).

Aún cuando el perfil de aminoácidos es importante en la evaluación de la calidad de una proteína, la digestibilidad de esta proteína es la determinante principal de la disponibilidad de sus aminoácidos, por lo que es la cantidad de cada aminoácido que es absorbido lo que determina la utilización de la proteína en el cuerpo (31).

El papel que la digestibilidad de la proteína junto con sus aminoácidos libres juega en la determinación de la calidad nutri-

cional de los alimentos ha sido extensamente estudiado. Numerosos procedimientos *in vitro* han sido propuestos para predecir la digestibilidad de las proteínas. Los ensayos *in vitro* para la estimación de la digestibilidad de proteínas han sido utilizados para simular el dato de digestibilidad en ratas, sin embargo, el objetivo ha sido usar el dato de digestibilidad *in vitro* para ayudar a la predicción eventual de un experimento o ensayo *in vivo* (31).

La digestibilidad encontrada en los SR fue significativamente menor (53.12%) al encontrado en el AC (87.80%), uno de los factores que influyó en este resultado fue el alto contenido de fibra cruda de los SR. Dado que la digestibilidad en los SR es menor que en el AC, los valores encontrados en las mezclas se vieron afectados; a medida que aumentó el nivel de SR la digestibilidad en las mezclas disminuyó de 84.76% a 65.96%. Estos resultados se presentan en la Tabla XII comparados con caseína la cual presentó una digestibilidad de 93.93%. Algunos autores obtuvieron una digestibilidad del 50% para el estiércol de cerdo (52) siendo este valor comparable con el obtenido para los SR en este estudio.

Las pruebas que utilizan animales para la determinación del valor nutritivo de un alimento son probablemente las más idóneas ya que evalúan factores atribuibles tanto al animal como al alimento mismo. Una técnica utilizada para evaluar biológicamente las proteínas es el método de crecimiento (Relación de Eficiencia Protéica, REP), que a diferencia de los métodos corporales (Utilización Neta de Proteína, UNP), se basa exclusivamente en la



ganancia de peso y no considera la composición corporal ni los requerimientos de proteína para mantenimiento. Sin embargo, algunos autores han realizado revisiones sobre los métodos biológicos concluyendo que los métodos que determinan el nitrógeno corporal (UNP) no mejoran los resultados (63). Sotelo y Lucas (61), demostraron que la determinación del nitrógeno del hígado de la rata era un método más fácil de realizar que el del nitrógeno corporal total o el del método de la pierna sugerido por otros autores. El método de Sotelo y Lucas correlaciona los procedimientos de UNP y REP en diversos alimentos con proteínas que difieren en un amplio rango de calidad.

Los valores de REP y UNP encontrados en los SR (REP 0.41, UNP 20.04) fueron menores comparados con los obtenidos en el AC (REP 0.61, UNP 26.98), sin embargo, en las mezclas los valores se incrementaron hasta la suplementación del 30% SR:70% AC a partir del cual los valores disminuyeron proporcionalmente. Suplementaciones mayores al 30% de SR en las dietas disminuyen la calidad nutricional del alimento en estudio. Cuando el AC se reemplazó con un 15% de SR los valores de REP y UNP se incrementaron en comparación con los obtenidos en 100% de SR, pero con una sustitución de 30% estos valores se vieron significativamente aumentados (REP 0.93, UNP 24.12). Con suplementaciones mayores nunca se llegó a estos valores aún cuando el AC presentó el mejor valor de UNP obteniendo un 26.98% sin embargo, si se logró mejorar tanto el REP como el UNP de los SR con las diferentes suplementaciones, como se puede observar en la Tabla XIV.

De hecho el grupo de ratas que estuvo alimentado con el nivel de sustitución correspondiente al 30% SR:70% AC fue el que mejor comportamiento tuvo en cuanto a ganancia en peso al final del experimento, aún cuando en la fase inicial del experimento hubo pérdida de peso en los animales debido al rechazo de las diferentes mezclas estudiadas como se puede observar en la curva de crecimiento, Figura 8.

En cuanto a la aceptabilidad tanto de los SR, del AC y de las diferentes mezclas no se observó rechazo por parte de los animales de prueba, esto debido a que el tratamiento físico de los SR (dilución, agitación, tamizado y molido) mejoró la textura y el olor fue considerablemente disminuído; esto fue más notable al elaborar las mezclas de SR y AC para las dietas ya que mejoró física y organolépticamente el alimento.

Actualmente no se dispone de información respecto a estudios de REP y UNP en la fracción sólida del estiércol, sin embargo, existe una gran cantidad de trabajos que se refieren a la utilización del estiércol de cerdo como fuente de nutrientes en animales de granja (7, 15, 20, 23, 29, 44, 45, 53, 64, 65).

Los elementos minerales, en conjunto, son determinados en los alimentos mediante la incineración de la materia orgánica en donde el residuo se pesa y éste es considerado como ceniza. Sin embargo, una determinación de este tipo no revela los elementos específicos presentes de tanta importancia a nivel nutricional, por esta razón, en los últimos años se han logrado avances tecnológicos que han permitido desarrollar métodos más precisos para la determinación de los minerales. La precisión de los análisis también ha sido importante debido a que ciertos minerales son requeridos únicamente en trazas para intervenir como constituyen-

tes o activadores de enzimas (19, 40).

Se ha descubierto que es necesaria una pequeña cantidad de cobre junto con el hierro para la formación de hemoglobina, sin embargo, el papel del cobre dentro del metabolismo del hierro aún no está definido con claridad. Se ha postulado que cuando hay deficiencia de cobre en la ración disminuye la absorción del hierro desarrollandose así una anemia microscítica hipocrómica muy grave. El cobre tiene muchas funciones básicas, además del papel que desempeña en el metabolismo del hierro, es parte integral de muchas metaloenzimas como el citocromo C oxidasa. También es importante para la formación normal de los huesos y su presencia es fundamental en la actividad osteoblástica y en la formación del colágeno y la elastina (19, 40).

La adición de sales de cobre en la dieta para cerdos se ha utilizado como promotor de crecimiento, también se ha demostrado tener ventajas en cuanto a ganancia de peso, consumo de alimento y en la eficiencia de la conversión alimenticia. No obstante la suplementación de altos niveles de cobre en dietas para cerdos es tema de elevada complejidad, no sólo desde el punto de vista nutricional sino también como contaminante, ya que alta concentración de cobre en los desechos orgánicos resulta en una fuente sustancial de contaminación de suelos y aguas (42).

El comportamiento productivo de los cerdos está relacionado con los niveles de cobre y zinc en las dietas. De tal manera que, para que altos niveles de cobre lleguen a ser satisfactorios como promotor de crecimiento, se deben incluir concentraciones superio-

res a las recomendadas por la NRC de zinc y fierro, ya que la competencia antagónica entre el cobre y el fierro y cobre y zinc a nivel de absorción están bien reconocidas. Por otro lado, las concentraciones de calcio en las dietas constituyen un factor de importancia nutricional, ya que altas concentraciones de calcio reducen la disponibilidad de zinc, predisponiendo ésto a posibles alteraciones en la absorción de cobre (19).

Las deficiencias de zinc en las raciones para ganado porcino provocan dermatitis aguda y paraqueratosis y en becerros los síntomas de deficiencia incluyen retraso en el crecimiento, rigidez de articulaciones y también paraqueratosis (19, 40).

La concentración de cobre y de zinc en el estiércol de cerdo está influenciada por la concentración de estos minerales en la dieta ingerida por el animal. En el presente estudio se determinó cuantitativamente la concentración de cobre y de zinc tanto de los SR como del AC. En los SR se encontró que estos contienen 170.35 ppm de cobre originados de una dieta a base de maíz sorgo más un suplemento alimenticio que consumieron los cerdos en etapa de finalización. El contenido de zinc en los SR correspondió a un valor de 161.2 ppm. En el AC el cobre se encontró en proporción de 10.0 ppm y el Zn en 66.5 ppm.

Como se mencionó anteriormente altas concentraciones de cobre en el estiércol puede acarrear problemas de toxicidad tanto en las cosechas (cuando es utilizado como fertilizante) como en los animales que consumen las pasturas irrigadas con los desechos orgánicos. Por esta razón, si se pretende reciclar al estiércol

de cerdo en la dieta de animales de granja (inclusive al mismo cerdo) se tiene que atender al problema de los requerimientos minerales para cada especie.

Por diversas razones, los requerimientos nutricionales de los minerales son más difíciles de definir con exactitud que los requerimientos orgánicos, ya que muchos factores determinan su aprovechamiento, tal es el caso del nivel y calidad de la proteína ingerida (19, 40).

Las necesidades de cobre en el cerdo es inferior a los 10 mg/Kg, cuando se han adicionado hasta 125 ppm a la ración se obtiene una respuesta de crecimiento buena, sin embargo, en algunas ocasiones 125 ppm pueden llegar a ser tóxicos; incluso cuando se usa como fertilizante, el estiércol de cerdos alimentados con niveles altos de cobre, aumenta el contenido del mineral en las praderas, lo que hace que estas se tornen tóxicas para las ovejas (42). Según los requerimientos Nutritional Research Council NRC (19), el nivel tóxico en cerdos está comprendido entre las 300 a 500 ppm en ausencia de niveles altos de Zn y Fe.

En cuanto a zinc, se ha establecido una necesidad en cerdos de 50 a 100 ppm, según los requerimientos establecidos por la NRC (19), llegando a ser tóxicos niveles de 2000 mg/kg de la ración.

La especie ovina es más susceptible a la toxicidad por cobre que cualquier otra especie de animales de granja. En ellos los requerimientos son de 5 mg/kg de la ración, posterior a esta concentración se considera nivel tóxico. El zinc es adicionado

sin mayor problema de 20 a 30 mg/kg de la ración siendo el nivel tóxico de 1000 mg/kg de la ración.

En ganado bovino los requerimientos de cobre son probablemente mayores que el de las ovejas (8 mg/kg de la ración), pero el nivel requerido depende del contenido de otros minerales (40). El nivel tóxico está definido en 115 ppm. El zinc es requerido en bovinos en proporción de 20 a 30 ppm siendo tóxico el nivel de concentración de 900 a 1200 ppm.

En pruebas de digestibilidad, Pearce G.R. (52) trabajó con ganado vacuno y ovejas utilizando estiércol de cerdo alimentos con dietas conteniendo altas concentraciones de cobre (150 ppm). El contenido de cobre en el estiércol colectado (una vez secado) utilizado en los experimentos fue de 550 ppm y en las dietas conteniendo 0, 15, 30 y 45% de la excreta fue de 0, 89, 168 y 245 ppm respectivamente, comparados con 5 ppm de una dieta conteniendo heno únicamente. Para investigar si los altos contenidos de cobre utilizados en este trabajo provocaron la inhibición de la actividad bacteriana y por lo tanto la digestión, se hizo un experimento para comprobar las altas y bajas concentraciones de cobre en dietas conteniendo 30% de estiércol, complementadas con heno en borregos, al término del cual se encontró que la digestibilidad de la materia seca fue similar para ambas dietas (45%), este resultado indicó que altas concentraciones de cobre no tuvieron efecto alguno sobre la digestibilidad.

Como se mencionó anteriormente en las pruebas nutricionales realizadas en este estudio se registró un decremento en el creci-

miento y desarrollo de las ratas alimentadas con niveles de suplementación mayores al 30% de SR. La razón por la cual no se registró una mayor ganancia en estos grupos de ratas se debió probablemente a la alta concentración de cobre en estas mezclas y aunque no se realizó el estudio de Cu en estas mezclas se advierte que las ratas de laboratorio son sujetos de experimentación altamente sensibles fisiológicamente; por esta razón se decidió trabajar con estos animales pues además de que facilitan los experimentos en su conducción y manejo, permiten hacer hipótesis relacionadas con problemas de toxicidad en los alimentos de manera más rápida sin tener que exponer a un animal de granja que es mucho más productivo económicamente hablando.

La reutilización del estiércol de cerdo con propósitos de alimentación animal puede resultar beneficioso siempre y cuando se atiendan los problemas de manejo sanitario que este material merece. El riesgo de intoxicación por cobre y por residuos de drogas es inminente y aún más, la presencia de patógenos en el estiércol puede significar un peligro potencial de transmisión de enfermedades tanto en los animales como en el hombre mismo (38). Algunos autores (6) encontraron *Salmonella* en el estiércol líquido de cerdo de 12 granjas y *Escherichia coli* patógena en 13 granjas de 54 muestreadas (38, 41); "10 enterovirus porcinos, 2 adenovirus porcinos y 1 coronavirus fueron aislados de 32 muestras de excreta porcina" (41).

El análisis microbiológico realizado en los SR indica que el total de microorganismos es ligeramente mayor ( $25 \times 10^3$ ) que el

total encontrado en el AC ( $20 \times 10^3$ ). La cuenta de hongos y levaduras en el AC resultó mayor que en los SR, esto puede ser debido al porcentaje de humedad y contenido de melaza de caña adicionado al AC durante su elaboración, por esta razón se puede explicar un mayor desarrollo de hongos y levaduras en este material. La cuenta de coliformes totales y coliformes fecales en los SR fue significativamente mayor al encontrado en el AC. Este resultado era esperado dada la naturaleza del material estudiado pues el intestino aloja una gran variedad de bacterias coliformes que son expulsadas en el mismo material. La cuenta de Clostridia en los dos casos resultó ser similar ( $<10$ ) y en cuanto a la presencia de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Shigella* y *Pseudomonas* resultó negativo en ambas muestras. Estos resultados pueden ser consultados en la Tabla XIII.



CONCLUSIONES

El tratamiento físico para la obtención de los SR contribuyó a minimizar el olor y a mejorar la textura del material en estudio.

En la evaluación químico-proximal de los SR del estiércol de cerdo se encontró que estos contienen un nivel de proteína cruda superior al encontrado en el AC para bovinos. En este análisis también se encontró un alto contenido de fibra cruda y cenizas en los SR por lo que se registró un incremento proporcional de estas fracciones en las diferentes mezclas.

La composición de ácidos grasos en los SR es adecuada si la comparamos con el AC estudiado, registrándose altos niveles de ácido esteárico, oléico y palmítico en los SR.

El perfil de aminoácidos encontrado en los SR muestra una adecuada composición de aminoácidos en comparación con los valores obtenidos en el AC. El contenido de Lisina, inclusive, fue superior al encontrado en el AC.

En la mezcla 30% SR:70% AC se logró un incremento de aminoácidos en comparación con el aminograma del AC.

La digestibilidad *in vitro* de los SR se vio notablemente afectada por el alto contenido de fibra cruda presente en esta fracción del estiércol de cerdo. El valor de digestibilidad encontrado en los SR fue menor en comparación al AC por lo que en las diferentes mezclas estudiadas la digestibilidad disminuyó a mayores

porcentajes de SR adicionados.

En la evaluación nutricional de los SR los valores de REP y UNP fueron cuantitativamente menores que los encontrados en el AC. Sin embargo se logró mejorar los resultados en la suplementación del 30% SR:70% AC encontrándose valores superiores a los de AC.

Cuando se usaron suplementaciones mayores al 30% de SR, la calidad nutricional de la mezcla se vió notablemente disminuída, aún cuando el nivel de proteína se incrementó. Esta disminución en la evaluación nutricional probablemente se deba a las altas concentraciones de cobre y zinc encontradas en los SR, lo cual afectó el crecimiento de las ratas.

Aún cuando la calidad de la proteína de los SR fue más baja que la encontrada en el AC, cuando éstos (SR:AC) se mezclaron, se consiguió mejorar notablemente la calidad en las diferentes mezclas estudiadas.

La composición química y la calidad nutricional de los SR indican que esta fracción del estiércol de cerdo puede ser utilizada como suplemento en la dieta de animales de granja.

Si se substituye AC por SR en la elaboración de raciones para animales, se estarán aliviando problemas de contaminación ocasionados por el mal manejo del estiércol y a su vez se puede disminuir los costos de la alimentación del ganado, los cuales constituyen un factor económicamente importante en la Industria Pecuaria.

Los SR representan un recurso potencialmente aprovechable como

fuentes de nutrientes para los animales, pues al utilizarse como parte de las raciones, se aumenta la suplementación de minerales y del nitrógeno disponible en los SR, lo cual permitiría la conservación de los Recursos Naturales.

La ausencia de microorganismos patógenos en los SR estudiados, asegura que pueden ser usados como alimento en la nutrición animal sin correr el riesgo de una posible infección bacteriana.

Dada la composición química y en particular el contenido de fibra cruda, el uso de los SR para propósitos de reciclaje en ganado puede ser conceptualmente atractivo. Los rumiantes pueden ser los animales ideales para la práctica de reciclaje de los SR, pues, debido a su equipo enzimático, a las relaciones simbióticas y a la microflora que se encuentran en su rúmen ellos pueden utilizar la fibra, los compuestos nitrogenados no protéicos y los ácidos nucleicos en mayor grado que los no rumiantes. El proceso de incorporar a los SR en la dieta de animales de granja puede ser ventajosa para la producción económica de carne de buena calidad si se deja de considerar al estiércol de cerdo como un desecho y se evalúa como un subproducto pecuario susceptible de aprovechamiento, como un Recurso Natural más y con la ventaja de que es renovable.

#### RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

- 1). Este estudio está encaminado hacia la reutilización del estiércol de cerdo en el campo de la nutrición animal. A lo largo de este trabajo se logró describir la caracterización química y nutricional de los sólidos recuperados del estiércol de cerdo. Sin embargo, cabe mencionar, sería sumamente útil, continuar con este tipo de investigaciones realizando análisis químicos detallados los cuales permitieran obtener una información más certera, tales como, análisis de vitaminas, residuos de antibióticos, arsenicales, sulfonamidas, antihelmínticos, etc.
- 2). En las próximas investigaciones sería conveniente trabajar con animales de granja para la realización de pruebas de digestibilidad *in vivo*.
- 3). Sería conveniente también que tanto el perfil de aminoácidos como el contenido de cobre se realizaran en todas las mezclas de SR:AC estudiadas.
- 4). Otra actividad interesante podría ser la determinación de la disponibilidad tanto de los minerales como de los aminoácidos contenidos en los SR.
- 5). La identificación en los SR de drogas, aditivos y promotores del crecimiento (comúnmente adicionados a la dieta de los cerdos) sería necesaria.

- 6). Análisis histoquímicos, análisis de sangre y pruebas de toxicidad serían recomendables en animales que hallan consumido SR como suplemento alimenticio para dar mejores conclusiones sobre este tema.
- 7). En trabajos posteriores la investigación de parásitos en el estiércol de cerdo y en los SR sería recomendable, en especial de protozoarios, nemátodos, céstodos y tremátodos (huevecillos y fases larvarias).
- 8). La implementación de tecnologías apropiadas para la reutilización de este subproducto pecuario y la capacitación de personal sería indispensable.

**TABLAS**

TABLA I

CRECIMIENTO POBLACIONAL PARA EL PERIODO DE  
1970 A 1990 (\*)

Años	MILLONES DE HABITANTES
1940	20
1950	26
1960	35
1970	49
1980 -----	74
1990 -----	93

(\*) QUINTERO, R. Y G.U. POWERS, 1976 (56).



TABLA II

GASES NOCIVOS Y SUS EFECTOS FISIOLÓGICOS

GAS	OLOR	CONCENTRACION (PPM)	EFECTOS FISIOLÓGICOS
AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	PENETRANTE PICANTE	4	IRRITANTE
		400	IRRITACION DE GARGANTA
		700	IRRITACION OCULAR
		1700	TOS Y ESPUMA EN BOCA
		3000	ASFIXIANTE
		5000	PUEDE SER FATAL
BIOXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> )	NINGUNO	20000	SIN EFECTO
		30000	SE ACELERA LA RESPIRACION
		60000	RESPIRACION PESADA
		300000	PUEDE SER FATAL
SULFURO DE HIDROGENO	A HUEVO PODRIDO	100	VENENOSO
		1000	INCONCIENCIA Y MUERTE
METANO (CH <sub>4</sub> )	NINGUNO	500000	ASFIXIANTE NO TOXICO

BOLETÍN DE LA FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE OHIO TITULADO "ORIGIN, IDENTIFICATION, CONCENTRATION AND CONTROL OF NOXIOUS GASES IN ANIMAL CONFINEMENT PRODUCTION UNITS" 1970 (38).

TABLA III

PRESENCIA DE PATOGENOS EN SUELOS CONTAMINADOS  
POR ESTIERCOL DE CERDO

---

\* *Erysipelotrix rhusio pathiae*

*Listeria monocitogenes*

*Mycobacterium avis*

*Candida albicans*

*Aspergillus fumigatus*

*Clostridium botulinum*

*Salmonella spp*

*Salmonella typhimurium*

\*\* *E. coli patógena*

\*\*\* *Enterovirus*

*Adenovirus*

*Coronavirus*

---

\*MARRISCAL, L.G., 1980 (38)

\*\*DERBYSHIRE AND BROWN, 1978 (13)

\*\*\*MCCASKEY AND ANTHONY, 1979 (41)

TABLA IV

NIVELES DE SUSTITUCION DE LAS MEZCLAS DE SOLIDOS RECUPERADOS DEL ESTIERCOL DE CERDO (SR) Y ALIMENTO COMERCIAL PARA BOVINOS (AC)

IDENTIFICACIÓN	ALIMENTO COMERCIAL %	SÓLIDOS RECUPERADOS %
MEZCLA A	100	0
MEZCLA B	0	100
MEZCLA C	85	15
MEZCLA D	70	30
MEZCLA E	55	45
MEZCLA F	40	60

TABLA V

COMPOSICION DE LAS DIETAS UTILIZADAS EN LAS PRUEBAS BIOLOGICAS PARA RATAS (DIETA BASAL)

COMPONENTES	PORCENTAJES
PROTEINAS	10.0
MEZCLA DE MINERALES*	5.0
ACEITE VEGETAL	8.0
FIBRA CRUDA (CELULOSA)	1.0
ALMIDON DE MAIZ	50.0
AZUCAR REFINADA	25.0
MEZCLA DE VITAMINAS*	1.0

\* SE EXPRESAN EN LAS TABLAS VI Y VII

TABLA VI

COMPOSICION DE LA MEZCLA DE MINERALES UTILIZADA EN LAS DIETAS PARA PRUEBAS BIOLÓGICAS\*

SALES MINERALES	CANTIDAD (g)
CLORURO DE SODIO	139.3
FOSFATO MONOBÁSICO DE POTASIO	389.0
SULFATO DE MAGNESIO ANHIDRO	57.3
CARBONATO DE CALCIO	381.4
SULFATO FERROSO HEPTAHIDRATADO	27.0
SULFATO DE MAGNESIO HIDRATADO	4.01
YODURO DE POTASIO	0.79
SULFATO DE ZINC HEPTAHIDRATADO	0.548
SULFATO CUPRICO PENTAHIDRATADO	0.477
CLORURO DE COBALTO HEXAHIDRATADO	0.023

\*CANTIDADES REPORTADAS PARA HACER 1000 g DE MEZCLA DE SALES MINERALES

TABLA VII

COMPOSICION DE LA MEZCLA DE VITAMINAS UTILIZADA  
EN LAS DIETAS PARA PRUEBAS BIOLOGICAS\*

VITAMINAS	CANTIDAD
VITAMINA A	200 000 (U.I.)
VITAMINA D	20 000 (U.I.)
VITAMINA E	1 000 (U.I.)
MENADIONA	0.05 GRS
COLINA	20.0 GRS
ACIDO P-AMINOBENZOICO	1.0 GRS
INOSITOL	1.0 GRS
NIACINA	0.4 GRS
PANTOTENATO DE CALCIO	0.4 GRS
RIBOFLAVINA	0.08 GRS
TIAMINA, ACIDO CLORHIDRICO	0.05 GRS
PIRIDOXINA, ACIDO CLORHIDRICO	0.05 GRS
ACIDO FOLICO	0.02 GRS
BIOTINA	0.004 GRS
VITAMINA B <sub>12</sub>	0.0003 GRS
GLUCOSA PARA HACER 100 G	

\*CANTIDADES PARA HACER 100 G DE MEZCLA VITAMINICA

TABLA VIII ✓

COMPOSICIÓN QUÍMICA APROXIMADA DE LOS SÓLIDOS RECUPERADOS DEL ESTIERCOL DE CERDO (SR), ALIMENTO COMERCIAL PARA BOVINOS (AC) Y DE LAS MEZCLAS ELABORADAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE (SR):(AC) (PORCENTAJE EXPRESADO EN BASE HUMEDA)

DETERMINACIÓN	SÓLIDOS RECUPERADOS 100%	ALIMENTO COMERCIAL 100%	15% SR 85% AC	30% SR 70% AC	45% SR 55% AC	60% SR 40% AC
PROTEÍNA CRUDA*	14.80	13.43	13.73	14.08	14.25	14.57
HUMEDAD	4.02	6.94	6.37	6.15	5.74	5.05
CENIZAS	14.15	5.55	6.77	8.01	9.45	10.75
FIBRA CRUDA	19.76	9.56	11.31	14.52	15.49	16.14
EXTRACTO ETÉREO	4.47	2.25	2.85	2.65	3.28	3.65
EXTRACTO NO NITROGENADO**	42.80	62.47	58.97	54.59	51.79	49.84

\* (Nx6.25)

\*\* SE OBTUVO POR DIFERENCIA A 100%

TABLA IX

COMPOSICION QUIMICA APROXIMADA DE LOS SOLIDOS RECUPERADOS DEL ESTIERCOL DE CERDO (SR), ALIMENTO COMERCIAL PARA BOVINOS (AC) Y DE LAS MEZCLAS ELABORADAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE SR:AC (PORCENTAJE EXPRESADO EN BASE SECA)

DETERMINACIÓN	SÓLIDOS RECUPERADOS 100%	ALIMENTO COMERCIAL 100%	15% SR 85% AC	30% SR 70% AC	45% SR 55% AC	60% SR 40% AC
PROTEINA CRUDA**	15.41	14.43	14.66	15.00	15.12	15.34
HUMEDAD	-	-	-	-	-	-
CENIZAS	14.74	5.74	7.23	8.53	10.03	11.32
FIBRA CRUDA	20.58	10.27	12.07	15.47	16.43	17.00
EXTRACTO ÉTEREO	4.65	2.41	3.04	2.82	3.48	3.84
EXTRACTO NO NITROGENADO*	44.62	67.15	63.00	58.18	54.94	52.50

\* SE OBTUVO POR DIFERENCIA A 100%

\*\* (N x 6,25)



TABLA X

DETERMINACION DE ACIDOS GRASOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES DE LOS  
SOLIDOS RECUPERADOS (SR) Y ALIMENTO COMERCIAL (AC)

ACIDOS GRASOS	ALIMENTO <sub>g</sub> COMERCIAL	SÓLIDOS <sub>g</sub> RECUPERADOS
ACIDO LAURICO	0.673	0.144
ACIDO MIRISTICO	1.109	1.001
ACIDO PALMITICO	14.300	18.722
ACIDO PALMITOLEICO	-	2.147
ACIDO ESTEARICO	2.295	26.587
ACIDO OLEICO	21.242	22.063
ACIDO LINOLEICO	45.932	10.846
ACIDO LINOLENICO	5.293	3.820

(-) NO SE DETECTÓ

TABLA XI

COMPOSICION DE AMINOACIDOS EN LOS SOLIDOS RECUPERADOS DEL ESTIERCOL DE CERDO, ALIMENTO COMERCIAL PARA BOVINOS Y DE LA MEZCLA ELABORADA CON 30% SR:70% AC

AMINOÁCIDO	SÓLIDOS RECUPERADOS 100% G AA/100 G DE PROTEÍNA	ALIMENTO COMERCIAL 100% G AA/100 G DE PROTEÍNA	MEZCLA 30% SR 70% AC G AA/100 G DE PROTEÍNA
LISINA	4.971	3.886	4.580
HISTIDINA	3.387	3.530	3.909
ARGININA	4.472	8.720	6.367
AC. ASPÁRTICO	8.795	9.300	9.632
TREONINA	4.738	3.350	4.045
SÉRINA	5.527	4.373	5.106
AC. GLUTAMICO	20.537	22.621	22.689
PROLINA	8.349	6.104	7.310
GLYCINA	5.736	5.145	6.045
ALANINA	9.735	5.466	7.290
VALINA	6.331	5.430	5.578
CISTINA	-	-	-
METIONINA	2.225	1.135	0.393
ISOLEUCINA	4.636	3.812	4.272
LEUCINA	11.930	8.244	10.109
TYROSINA	4.795	3.581	10.486
FENILALANINA	5.607	4.627	5.338
TRIPTOFANO	-	-	-

(-) NO HAY RESOLUCIÓN

TABLA XII

DIGESTIBILIDAD ENZIMÁTICA *in vitro* DE LOS SÓLIDOS RECUPERADOS DEL ESTIERCOL DE CERDO (SR), DEL ALIMENTO COMERCIAL (AC) Y DE LAS DIFERENTES MEZCLAS DE SR Y AC

MUESTRA	% DIGESTIBILIDAD
CASEÍNA	93.93%
SÓLIDOS RECUPERADOS DEL ESTIÉRCOL DE CERDO	53.12%
ALIMENTO COMERCIAL	87.80%
15% SR:85% AC	84.76%
30% SR:70% AC	77.81%
45% SR:55% AC	70.11%
60% SR:40% AC	65.96%

TABLA XIII

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO\* DE LOS SÓLIDOS RECUPERADOS DEL ESTIERCOL DE CERDO (SR) Y DE ALIMENTO COMERCIAL PARA BOVINOS (AC)

ANÁLISIS PRACTICADO	SÓLIDOS RECUPERADOS	ALIMENTO COMERCIAL
CUENTA TOTAL DE MICROORGANISMOS EN PLACA (COLONIAS $g^{-1}$ )	$25 \times 10^3$	$20 \times 10^3$
CUENTA DE HONGOS Y LEVADURAS EN PLACA (COLONIAS $g^{-1}$ )	8	66
CUENTA DE COLIFORMES TOTALES ( $g^{-1}$ )	172	94
CUENTA DE COLIFORMES FECALES ( $g^{-1}$ )	5	<2
CUENTA DE CLOSTRIDIA EN PLACA (COLONIAS $g^{-1}$ )	<10	<10
PRESENCIA DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS: <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> y <i>Pseudomonas</i>	EN TODOS LOS CASOS LOS RESULTADOS FUERON NEGATIVOS	

\* USANDO LOS MÉTODOS DE APHA (1975) (2), DIFCO (1963) (14), DUNCAN & HARMAN (1978) (18) Y UNITED STATES PHARMACOPEIA (1980) (66).

TABLA XIV

RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (REP) Y UTILIZACION NETA DE PROTEINA (UNP) DE LOS SOLIDOS RECUPERADOS (SR), ALIMENTO COMERCIAL (AC) Y DE LAS MEZCLAS ELABORADAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE SR Y AC\*

MEZCLA	PORCENTAJE DE AC SUSTITUIDO POR SR	REP ENCONTRADOS	** REP CORREGIDOS	UNP
CASEÍNA	-	3.22	2.50	51.32
A	0	0.81	0.61	26.98
B	100	0.54	0.41	20.04
C	15	1.16	0.87	22.05
D	30	1.24	0.93	24.12
E	45	0.98	0.74	23.36
F	60	0.88	0.66	21.89

\*VER TABLA IV

\*\*CORREGIDOS CON CASEINA 2.5

TABLA XV

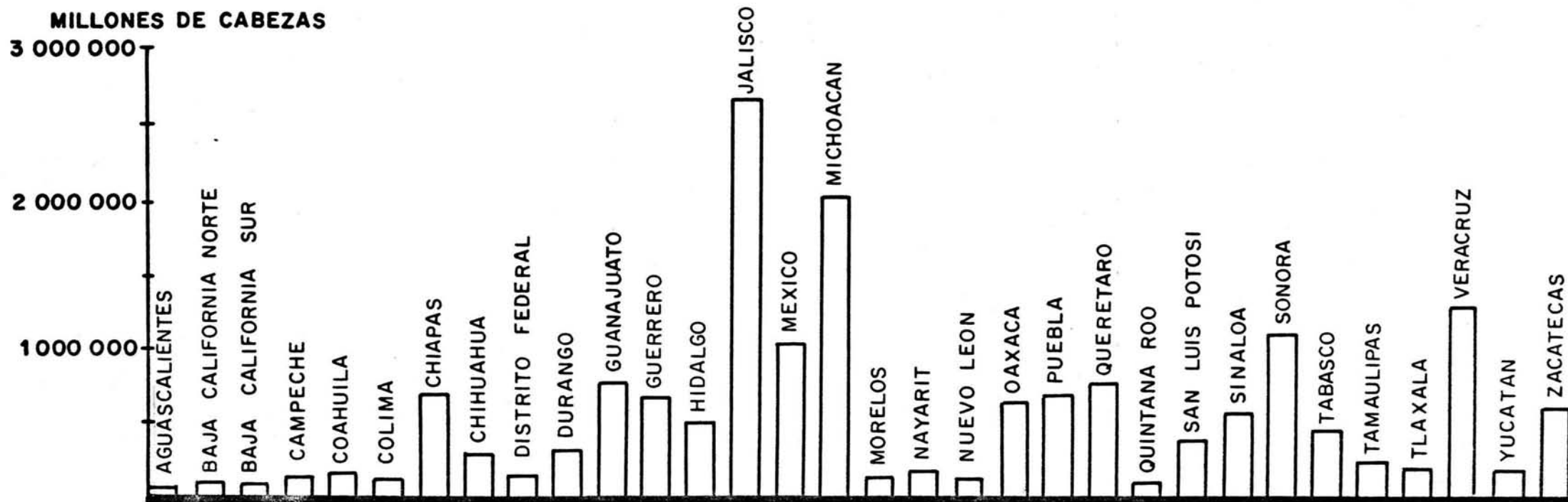
\* COMPOSICION DEL ESTIERCOL DE CERDO /  
(EN BASE A MATERIA SECA)

COMPONENTES	%	(±)	REFERENCIA
PROTEÍNA CRUDA	23.5	2.5	A B E F
PROTEÍNA VERDADERA	15.3		E F
NITRÓGENO NO PROTÉICO	1.16		E
CENIZAS	14.1	3.6	C D E F
FIBRA CRUDA	14.78		E F
EXTRACTO ETereo	8.02	4.6	C D E F
EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO	38.28	5.1	C D E F
CALCIO	2.62	0.1	A E F
FÓSFORO	2.13		E F
MAGNESIO	0.85	0.07	A E F
POTASIO	1.17		A E F
COBRE	257.5 PPM	197.0	A E
ZINC	520.3 PPM	10.0	A E F
ALANINA	1.51		E
ARGININA	0.62	0.04	D E
AC. ASPÁRTICO	1.68		E
CISTINA	0.30		E
FENILALANINA	0.85	0.02	D E
GLICINA	0.97		E
AC. GLUTÁMICO	2.18		E
HISTIDINA	0.29		E
ISOLEUCINA	0.88	0.15	D E
LEUCINA	1.48		E
LISINA	1.07	0.04	D E
METIONINA	0.48	0.10	D E
PROLINA	0.81		E
SERINA	0.69		E
TIROSINA	0.75	0.08	D E
TREONINA	0.78		E
VALINA	0.85		E

A. ORR Y COL. 1971 (47); B. TINNIMIT Y COL. 1972 (64); C. ORR Y COL. 1973 (48); D. BLAIR R. 1974 (7); E. KORNEGAY Y COL. 1977 (35) Y F. J.P. FONTENOT 1980 (22)

FIGURA 1

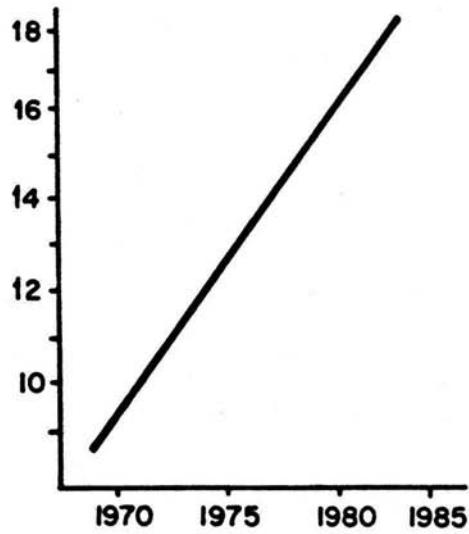
# PRODUCCION PORCICOLA ESTATAL 1986



CENSO GANADERO 1986, SARH. (16)

FIGURA 2

LA POBLACION PORCICOLA Y  
SU CRECIMIENTO

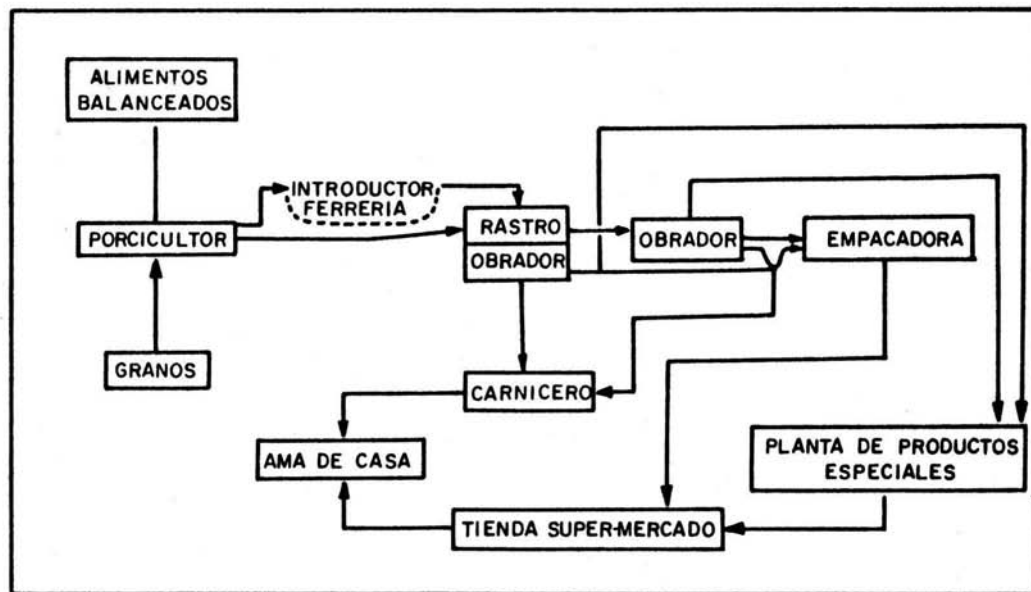


ENCUESTA REALIZADA POR LA SARH,  
DICIEMBRE DE 1980, (16).



FIGURA 3

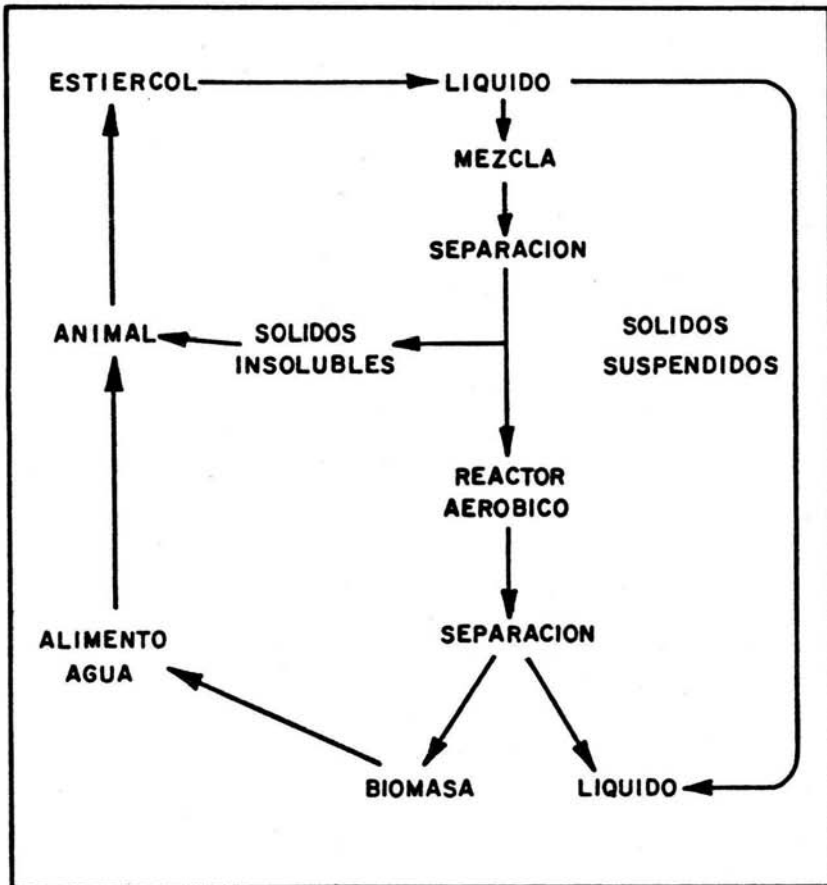
CADENA DE INTERMEDIARIOS EN EL MERCADO INTERNO DE LA CARNE DE CERDO



PORCINOTICIAS (1985) (55)

FIGURA 4

SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECICLAMIENTO DEL ESTIERCOL DE GANADO LECHERO



Arévalo, N. J. (1978). (3)

FIGURA 5

AMINOGRAMA OBTENIDO DE LOS SOLIDOS RECUPERADOS  
DEL ESTIERCOL DE CERDO

LIST: LIST  
PEAK CAPACITY: 1159  
ZERO = 1, 22.0  
ATTP1 = 6  
CHT SP = 0.3  
PK WO = 0.16  
THRSH = 6  
AR REJ = 200000

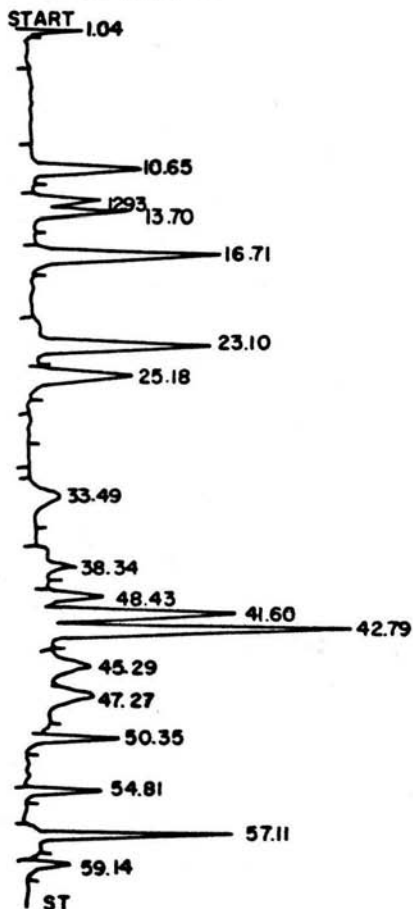


FIGURA 6

AMINOGRAMA OBTENIDO DEL ALIMENTO COMERCIAL

THRSH  
LIST:LIST  
PEAK CAPACITY:1159  
ZERO = 1,-5.9  
ATTP† = 6  
CHT SP = 0.3  
PK WO = 0.16  
THRSH = 6  
AR REJ = 200000

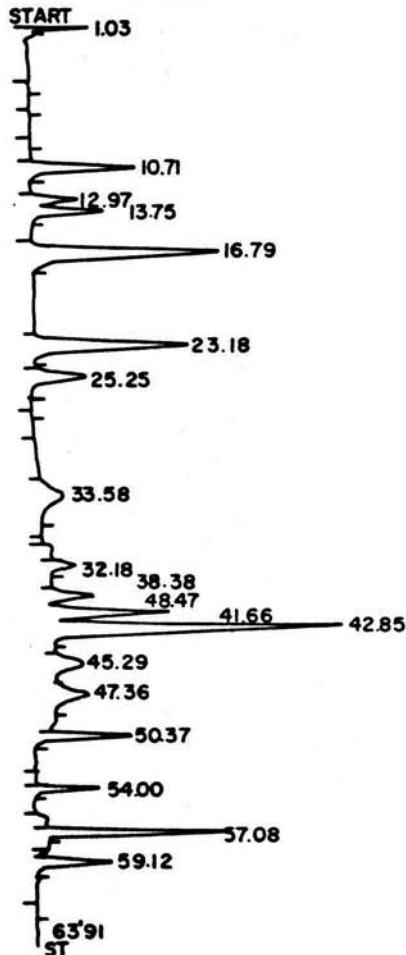


FIGURA 7

AMINOGRAMA OBTENIDO DE LA MEZCLA CON 30% SR:70% AC

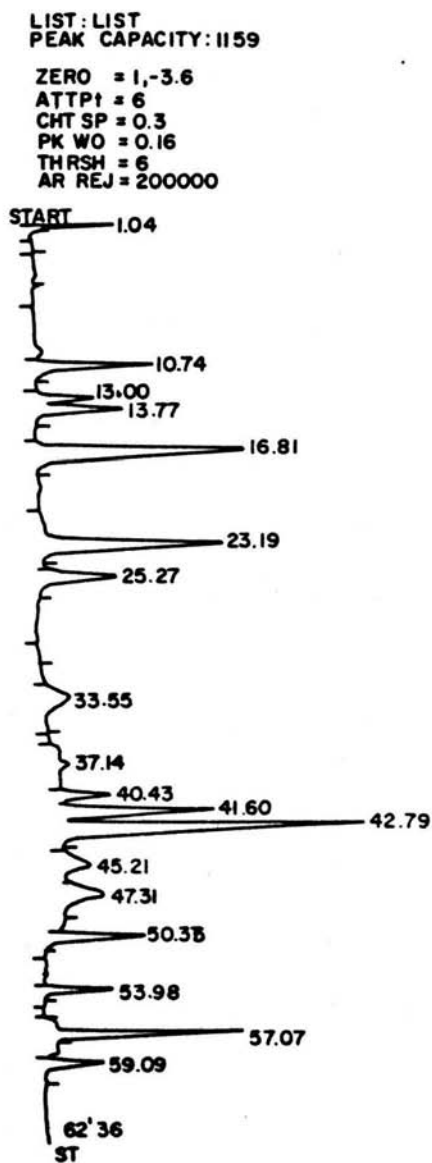
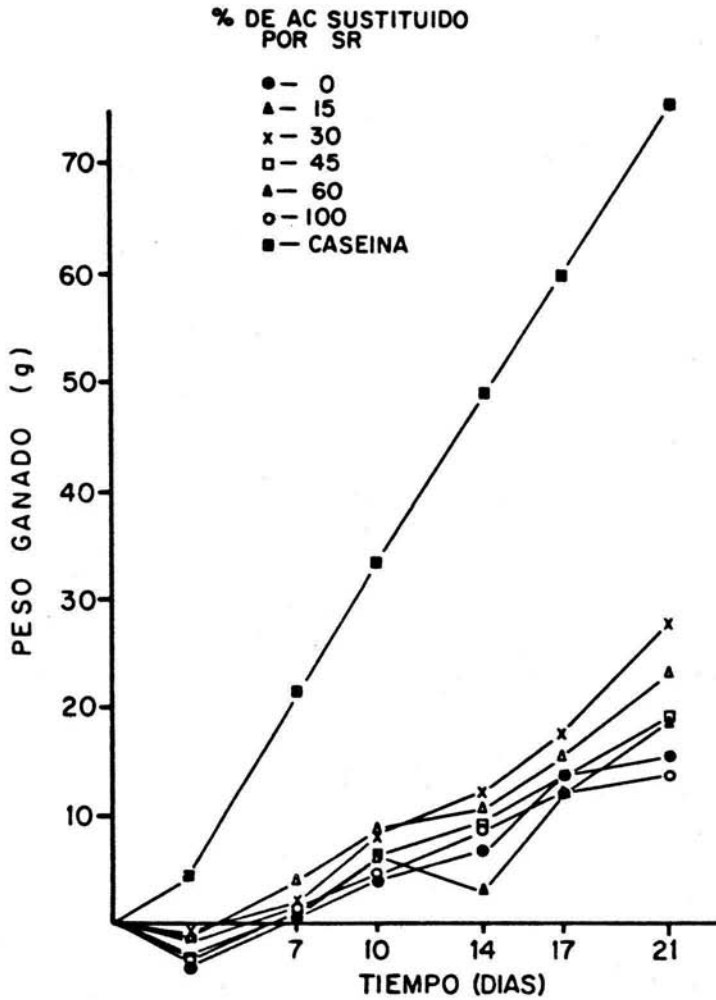


FIGURA 8



Curva de crecimiento de ratas Wistar con sólidos recuperados del estiércol de cerdo (SR), alimento comercial para bovinos (AC) y las diferentes mezclas de SR:AC en 21 días de prueba.

FIGURA 9

D I E T A

FECHA DE PESADA DEL ANIMAL																			
PESO DEL ANIMAL																			
PESO GANADO																			
FECHA DE PESADA DE DIETAS																			
PESO DEL COMEDERO + DIETA ADICIONADA																			
PESO DEL COMEDERO DIETA SOBRANTE																			
PESO DE LA DIETA CONSUMIDA																			
PESO DE LA DIETA TIRADA																			
PESO REAL DE LA DIETA CONSUMIDA																			

% DE PROTEINA EN LA DIETA =

TOTAL DE PESO GANADO =

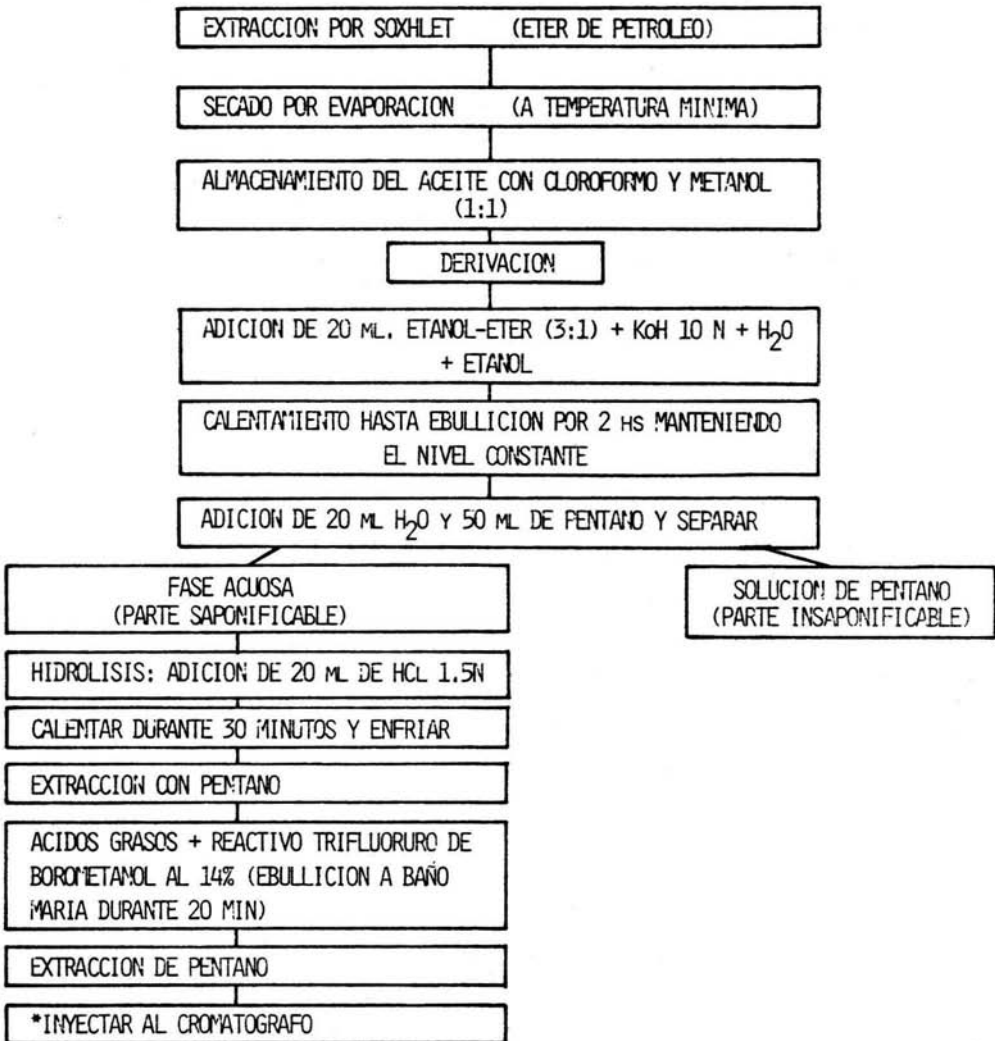
TOTAL DE DIETA CONSUMIDA =

TOTAL DE PROTEINA CONSUMIDA =

$$PER = \frac{\text{GANANCIA EN PESO (G)}}{\text{PROTEINA CONSUMIDA (G)}}$$

FIGURA 10

OBTENCION DE LOS ESTERES METILICOS PARA EL ANALISIS CROMATOGRAFICO





**BIBLIOGRAFIA**

1. A.O.A.C. 1970. Official Methods of Analysis 11th. Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. U.S.A.
2. A.P.H.A. 1975. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 14th Ed. American Public Health Association, New York, U.S.A.
3. Arévalo, N.J. 1978. Utilización del Estiércol de los Bovinos, Cerdos y Aves en la Alimentación Animal. Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. y Zoot. UNAM.
4. Bender, A.E. 1973. Nutrición y Alimentos Dietéticos. Segunda Edición de Alimentos Dietéticos. (Traducido por Pérez, Bernabé 1977). Editorial Acribia.
5. Berger, J., E.T., Kornegay, J.P. Fontenot and K.E. Webb Jr. 1978. Ensiling Characteristics and Utilization of Ensiled Swine Waste and Ground Corn. Grain. Politecnic Institute of Virginia pp. 158-166.
6. Bhattacharya, A.N. and J.C. Taylor 1975. Recycling Animal Waste as a Feedstuff: A review. J. Anim. Sci. 41(5): 1438-1457.
7. Blair, R. (1974) Evaluation of Dehydrated Poultry Waste as a Feed Ingredient for Poultry. Fed. Proc. 33(8): 1934-

1935.

8. Bragg, D.B., M.C. Kwok, H.S. Saben and W.D. Kitts 1975. Nutri-  
tive Value of Biological Waste Following Degradation by  
Thermophilic Micro-organisms. Poul. Sci. 54:1756.
9. Bryant, M.P. 1979. Microbiol Methane Production-Theoretical  
Aspects. J. Anim. Sci. 48(1):1983-201.
10. Calvert, C.C. 1979. Use of Animal Excreta for Microbial And  
Insect Protein Synthesis. J. Anim. Sci. 48(1):178-192.
11. Conrad, J.R. and V.B. Mayrose 1971. Animal Waste Handling and  
Disposal in Confinement Production of Swine. J. Anim. Sci.  
32(4):811-815.
12. Cunha, T.J. 1968. Estudio General de los Problemas Relaciona-  
dos con la Producción Animal Intensiva. En: "Recientes  
Avances en Nutrición del Cerdo" (Cunha, T.J., Ed.) pag.  
9-20. Ed. Zaragoza (España).
13. Derbyshire, J.B. and E.G. Brown 1978. Isolation of Animal  
Viruses from Farm Livestock Waste, Soil and Water. J. Hyg.  
Cam. 81(2):295-302.
14. Difco 1983. Difco Manual of Dehydrated Culture Media and  
Reagents for Microbial and Clinical Laboratory Procedures.  
9th Ed. Difco Laboratories Inc., Detroit, Michigan, U.S.A.
15. Diggs, B.C., B. Baker, Jr. and F.G. James 1965. Value Feaces  
is Swine Finishing Rations. J. Anima. Sci. 24(1):291.

16. Dirección General de Ganadería 1985. Censo Ganadero. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
17. Douglas, P. 1977. Energy from Methane. Meat and Livestock Commission of England. pp. 83-89.
18. Duncan, L. Ch. and M.S. Harman 1978. *Clostridium perfringens*: Enumeration and Enterotoxin Detection. Bacteriological Analytical Manual. FDA Bureau of Foods, AOAC, 5th Ed. Washington, D.C., U.S.A. pp. 1-18.
19. Escobosa, L.A. 1983. Consideraciones Prácticas Sobre la Dosificación de Minerales Traza en la Alimentación del Cerdo. Memorias del Simposio "Avances Recientes en la Nutrición del Cerdo". Auditorio CANACINTRA. México.
20. Flachowsky, G. 1975. Studies in the Suitability of Soil Materials in Pig Feeces for Use Pig Feeces in the Feeding of Fattening Cattle (1). Procedure and Results of Fattening Trials. Archiv. Fur Tierernahrung 25:139.
21. Fontenot, J.P. and K.E. Webb Jr. 1975. Health Aspects of Recycling Animal Wastes by Feeding. J. Anim. Sci. 40(6): 1267-1277.
22. Fontenot, J.P. and I.J. Ross 1980. Animal Waste utilization. pp. 4-10. En: Livestock Waste. A Renewable Resource. Proc. 4th Symp. on Livestock Wastes, ASAE Pub. ST. Joseph. Michigan, U.S.A.
23. Gutiérrez, Z.C. 1981. Evaluación de un Sistema de Cría y

y Engorda de Patos Mediante el Reciclaje de Desechos Por-  
cinos. Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. y Zoot.  
UNAM.

24. Harmon, B.G., D.L. Day, A.H. Jensen and D.H. Baker 1971.  
Swine Waste as a Source of Nutrients. Science Department  
As-658 g. University of Illinois at Urbana-Champaign pp.  
19-20.
25. Harmon, B.G., D.L. Day, D.H. Baker, S.E. Curtis and A.H. Jensen  
1972. Harvesting Nutrients from Swine Waste. Ani. Sci.  
Department. As-661 g. University of Illinois at Urbana  
Champaign.
26. Harmon, B.G., D.L. Day, A.H. Jensen and D.H. Baker 1972. Nutri-  
tive Value of Aerobically Sustained Swine Excrement. J.  
Anim. Sci. 34(3):403-407.
27. Harmon, B.G., D.L. Day, A.H. Jensen and D.H. Baker 1973. Nutri-  
tive Value of Aerobically Processed Swine Waste. J. Anim.  
Sci. 37(2):51.
28. Harmon, B.G., D.L. Day, D.H. Baker and A.H. Jensen 1973a. Oxi-  
dation Ditch Mixed Liquor as Source of Water and Nutrients.  
J. Anim. Sci. 37(2):280.
29. Harmon, B.G., D.L. Day, A.H. Jensen and D.H. Baker 1974. Conver  
ting Swine Into a Nutrient Source for Swine. Animal  
Science Department. As-665 d. University of Illinois at  
Urbana-Champaign. pp. 15-19.

30. Hennig, A., D. Schuler, H.H. Fraytag, C. Voight, K. Gruh and Jeroch 1972. Test Conducted to Determine Whether Pig Feces Could Be Used as a Feedingstuff. Jahrbuch Fur Tierernahrung 8:226.
31. Ihekoronye, A.I. 1986. Rapid *in vitro* Enzimic Predictive Model for the *in vivo* Digestibility of Food Proteins. J. of Food Tech. 21:81-87.
32. Iñiguez, G., J.L. Paredes, M.J. Franco and M. Peña 1983. Estiércol de Cerdo, Recurso Subutilizado en México. Memorias del Primer Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Cd. Universitaria. México, D.F.
33. Jensen, A.H., B.G. Harmon, G.R. Carlisle and A.J. Muehling 1972. Management and Housing for Confinement Swine Production. Coop. Ext. Ser. (Circular 1064). University of Illinois at Urbana-Champaign. pp. 35, U.S.A.
34. Ken Hammarstrand 1966. Gas Chromatographic Análisis of Fatty Acids by Varian Aerograph.
35. Korneagay, E.T., M.R. Holland, K.E. Webb Jr., K.P. Bovard and J.D. Hedges 1977. Nutrient Characterization of Swine Fecal Waste and Utilization of These Nutrients by Swine. J. Anim. Sci. 44(4):608-619.
36. Lepley, K. 1981. Proteínas y Aminoácidos para Cerdos en Crecimiento y Acabado. IASI-Rumania. Porciraama 2:5-22.
37. Lo, K.V., W.M. Carson and K. Jeffers 1980. A Computer-Aided

Design Program for Biogas Production for Animal Manure. pp en Livestock Waste: A renewable Resource. Proc. 4th Symp. on Livestock Waste, ASAE Pub. St. Joseph. Michigan, U.S.A.

38. Mariscal, L.M. 1980. Revisión Bibliográfica sobre Manejo y Utilización de las Excretas Producidas en Criaderos Porcinos, como Fertilizantes y en la Producción de Alimentos. Tesis de Licenciatura. División de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
39. Martin, J.H. 1983. Animal Manures as Feedstuffs: Nutrient Characteristics. Agricultural Wastes 6(3):161-166.
40. Maynard, L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz and R.G. Warner 1983. Nutrición Animal. Ed. Mc Graw-Hill. México. pp. 232-300.
41. McCaskey, T.A. and W.B. Anthony 1979. Human and Animal Health of Feeding Livestock Excreta. J. Anim. Sci. 38(1):163-177.
42. Monroy, A.V. 1983. Utilización de Cobre como Aditivo en la Industria Porcina. Memorias del Simposio "Avances Recientes en la Nutrición del Cerdo". AMVEC. CANACINTRA. México.
43. Ngian, M.F. and G.R. Pearce 1979. Utilization of Piggery Waste. 3. Effects of Sodium Hidroxiide Treatment of Pig Feaces on Chemical Composition. Microscopio Physical Characteristics and *in vitro* and *in vivo* Digestibility. Arg. and Env. 4(3): 189-205.

44. Ochoa, C.M., F. Bravo and R.C. Avila 1972. Uso de Residuos Orgánicos en la Alimentación de Ovinos en Crecimiento. Tec. Pec. en México 22:11-15.
45. Ochoa, C.M., R. Avila and F. Bravo 1973. El Excremento Seco de Cerdo y Gallinaza como Alimentos Proteicos en las Raciones para Engorda de Ovinos en Crecimiento. Nutrición de Ovinos en Estabilización. Folleto IND. L. San Luis Potosí, S.L.P.
46. Oleszkiewics, J.A. and S. Koziarki 1981. Management and Treatment of Wastes from Large Piggeries. Agric. Wastes 3(2):123-144.
47. Orr, D.E., E.R. Miller, P.K. Ku, W.G. Bergen and D.E. Ullrey 1971. Recycling of Dried Waste in Swine. J. Anim. Sci. 33:1152.
48. Orr, D.E., E.R. Miller, P.K. Kv, W.G. Bergen, D.E. Ullrey and E.C. Miller 1973. Swine Waste as a Nutrient Source for Finishing Pigs. Mich. State Univ. Rep. Swine Res. 232: AH-SW-7319.
49. Paredes, P.J.L. 1983. Contribución al Estudio del Tratamiento Físico y Aerobio del Estiércol de Cerdo. Memorias del Congreso Nacional AMVEC'83. Pto. Vallarta, Jalisco.
50. Paredes, P.J.L. and M.P. Romero 1983. Excretas Animales: ¿Desecho o Producto? un Análisis Enfocado a la Producción Porcina Nacional. Memorias del Congreso Nacional AMVEC'83.



Pto. Vallarta, Jalisco.

51. Patterson, D. and W. Norman 1979. Feeding Silage Effluent to Pigs. Pig Farming. pp. 32-39.
52. Pearce, G.R. 1975. The Inclusion of Pig Manure in Ruminant Diets. En: Int. Symp. on Livestock Waste, ASAE Pub. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 218-219.
53. Peñalva, G.G. 1981. Reciclaje de Excretas de Cerdo en la Alimentación de Hembras Gestantes. Tesis de Licenciatura Fac. Med. Vet. y Zoot. UNAM. México.
54. Pérez, L.F. 1981. Instalaciones Hidráulicas en Granjas Porcinas. Porcira. México. pags. 9-11.
55. Porcinoticias 1981. Para su Granja..... No. 1. México.
56. Quintero, R. and G.U. Powers 1967. La Producción y Demanda de Proteína en México: Papel de los Procesos de PV. Rev. Soc. Quím. XX, 1: 5-12.
57. Schinca, F.R.C. 1979. Sistemas de Alimentación en Criaderos Porcinos. Porcira. México. pp. 24-25.
58. Smith, L.W. and W.E. Wheeler 1979. Nutricional and Economic Value of Animal Excreta. J. Anim. Sci. 48(1):144-156.
59. Smith, R.J., M.E. Hein and T.H. Greiner 1979. Experimental Methane Production from Animal Excreta en Pilot-Escale and Farm-Size Units. J. Anim. Sci. 48(1): 202-207.

60. Sosa de Pro, E. 1981. Manual de Procedimientos Analfticos para Alimentos de consumo Animal. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. México.
61. Sotelo, L.A. and L.B. Florentino 1978. Determination of Net Protein Utilization Using Whole Carcass, Wing Leg or Liver of the Rat and It's Relationship with Protein Efficiency Ratio Determination. Journal Nutrition 108(1): 61-62.
62. Tejeda, H.I. 1983. Ingredientes para la Alimentación de Cerdos en México. Calidad y Adulteración. Memorias del Simposio "Avances Recientes en la Nutrición del Cerdo". AMVEC. CANACINTRA. México.
63. Tejeda, H.I. 1983. Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Depto. de Divulgación Técnica INIP-SARH.
64. Tinnimit, P., Yu Yu, K., McGuffey and J.W. Thomas 1972. Dried Animal Waste as a Protein Supplement for Sheep. J. Anim. Sci. 35:431.
65. Tseng, T.Y. and J. Jim. April 1977. Edible Protein from Pig Effluent. Pig. Farming pp. 87.
66. United States Pharmacopeia XX 1980. The National Formulary XV, 15th Ed. United States Pharmacopeia, Washington, D.C.
67. United States Department of Agriculture 1982. México and It's Agriculture: A developing Market. Office of the Counselor

for Agricultural Affairs, US Embassy, Mexico City.

68. Van de Kamer, S.H. and L. Van Ginkel 1952. Rapid Determination of Crude Fiber in Cereal. *Cereal Chemistry* 29(4):239-251.
69. Vanderholm, D.H. 1979. Handling of Manure from Different Livestock and Management Systems. *J. Anim. Sci.* 48(1):113-120.
70. Wax, J.E., B.G. Harmon and G.R. Schmidt 1972. Effect of Liquid Feeding Oxidation Ditch Mixed Liquor on Palatability of Pork. *J. Anim. Sci.* 35(5):1100.