

136
24

**CARACTERIZACION NUTRICIONAL DE ENSILADOS
DE EXCRETAS PORCINAS (FRACCION SOLIDA) CON
BAGAZO DE CAÑA Y MELAZA.**



**TESIS PRESENTADA ANTE LA
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
POR
ANDRES TOLEDO BARTOLO**

**ASESORES: M.V.Z. FRANCISCO A. CASTREJON PINEDA
M.V.Z. LUIS CORONA GOCHI
O. MARIA ANTONIETA AGUIRRE GARCIA**

MEXICO, D. F.

1986

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**





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.

DEDICATORIA:

A mis padres Manuel Toledo Guzmán y Ana Bartolo Nolásco por inculcarme la honestidad y el trabajo.

A mi esposa Blanca López Chavarría por brindarme su amor y comprensión en la realización de éste trabajo; a mis hijos Andrea Liliana y Alejandro por el cariño que me brindan.

A mis hermanos por el apoyo que me han dado.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al Departamento de Nutrición Animal en especial a mis asesores:

MVZ. Francisco Castrejón Pineda, MVZ. Luis Corona Gochi y

Q. Ma. Antonieta Aguirre García.

Extiendo también mi agradecimiento a José Antonio Yáñez

Ramírez, Jaime Ballinas Flores, I.A.Z. José Luis Arcos García y a

todas aquellas personas que de alguna manera me ayudaron a la

realización de éste trabajo.

Al Centro de Ganadería del Colegio de Posgraduados. Al Dr Pablo

Pérez Gavilan del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la

UNAM, Departamento de Biotecnología, por su disposición para

compartir su equipo y conocimientos.

Al Jurado:

MVZ. Jorge López Morales

MVZ. Alfredo K. Spross Suárez

MVZ. Marco A. Herradora L.

MVZ. Sergio Angeles Campos

MVZ. Francisco Castrejón Pineda.

CONTENIDO.

	<u>Páginas</u>
RESUMEN	1
1.INTRODUCCION	2
2.REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Producción e importancia de las excretas porcinas.....	4
2.2 Sistemas de tratamiento de excretas para disminuir los problemas de contaminación.....	5
2.3 Características nutricionales de las excretas porcinas solas o ensiladas con diferentes subproductos y su utilización como alternativa en la alimentación animal.....	8
2.4 Subproductos de la caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) como alternativa de alimentación en el trópico.....	18
Justificación.....	20
Objetivos	21
Hipótesis.....	21
3. MATERIAL Y METODOS	22
3.1 Localización del estudio y las granjas donde se obtuvieron los materiales.....	22
3.2 Caracterización nutricional de los ingredientes que constituyeron los ensilados.....	22
3.3 Descripción de los tratamientos.....	22
3.4 Metodología de la investigación.....	24
3.5 Variables de respuesta.....	24
3.6 Diseño experimental y análisis estadístico.....	25
4. RESULTADOS	26
5. DISCUSION	27
5.1 Características organolépticas.....	27

5.2 Composición química proximal y proteína verdadera.....	27
5.3 Composición de paredes celulares.....	32
5.4 Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca (DISMS) y de las paredes celulares (DISFDN).....	33
5.5 Potencial de hidrogeniones (pH).....	34
5.6 Acidos grasos volátiles.....	34
5.7 Contenido de macrominerales y microminerales.....	35
6. CONCLUSIONES.....	38
7. LITERATURA CITADA.....	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Páginas
1.Comparación de la excreta de diversas especies.....	10
2.Composición nutricional de excretas de cerdo en base seca.....	11
3.Componentes químicos de excretas de cerdo, producto de dos sistemas de recuperación.....	12
4.Composición de aminoácidos en excretas porcinas.....	12
5. Composición nutritiva de excreta de cerdo tamizada.....	13
6. Composición de las excretas de cerdos, residuos sólidos provenientes de fosas de captación	14
7. Cambios en la composición química proximal de diferentes mezclas de excreta de cerdo y tubérculo de yuca antes y después de ensilar (base húmeda).....	15
8. Composición química de los subproductos que integraron los tratamientos.....	23
9. Características organolépticas de ensilados de excreta de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza.....	45
10. Composición química proximal (BS) de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.....	46
11. Contenido de proteína bruta y proteína verdadera (BS) en ensilados de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.....	47
12. Contenido de paredes celulares y fracciones de fibra (BS) en excreta de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.....	48
13. Digestibilidad <i>in situ</i> de la MS, de la FDN y pH de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.....	49
14. Contenido (mmol) de ácidos grasos volátiles en excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.....	50
15. Contenido de macrominerales en excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.....	51
16. Contenido de microminerales en excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.....	52

17. Comparación entre el contenido de macro y microminerales en ensilados de mezclas de excretas porcinas (fracción sólida) con bagazo y melaza de caña, y las necesidades nutricionales de ovinos y bovinos.....	53
---	----

RESUMEN

TOLEDO BARTOLO ANDRES. Caracterización nutricional de ensilados de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza. Bajo la asesoría de MVZ Francisco Castrejón Pineda, MVZ Luis Corona Gochi y Q. Ma. Antonieta Aguirre García.

Con el objetivo de evaluar las modificaciones producidas en el ensilaje sobre la composición nutricional de ensilados de excretas porcinas, se prepararon mezclas con: 50-45-5, 60-35-5, 70-25-5 y 80-15-5 (g/100 g, base húmeda) de residuos sólidos de excretas, bagazo y melaza de caña de azúcar respectivamente. Las mezclas se depositaron en microsilos de 2.5 kg durante 30 días. Se utilizó un diseño de parcelas divididas donde la parcela grande fue la granja (Tlacotepec o Xoxocotla), la parcela chica se consideró como la condición (antes o después de ensilar); y los tratamientos las mezclas señaladas con tres repeticiones. En las mezclas iniciales y en los ensilados, las variables que se determinaron fueron: materia seca (MS), proteína bruta (PB), proteína verdadera (PV), contenido de paredes celulares (FDN), fibra detergente ácido (FDA), fracciones de la fibra (celulosa, hemicelulosa, lignina, cenizas insolubles en FDA), pH, digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) y de la FDN (DISFDN). La concentración de ácidos grasos volátiles (acético, propiónico, butírico y láctico), los macrominerales (Ca, P, Mg, Na, K) y los microminerales (Cu, Zn, Mo, Mn, Fe). Al aumentar el porcentaje de excretas en las mezclas se incrementó ($P < .01$) la PB, PV, DISMS, pH; disminuyó ($P < .01$) la proporción PV/PB, FDN, fibra detergente ácido (FDA), celulosa, lignina y no se modificó ($P > .05$) el contenido de hemicelulosa, cenizas insolubles en FDA y DISFDN. Los cambios en la composición de las paredes celulares y fracciones de la fibra fueron mínimos, solamente disminuyó ($P < .05$) el contenido de fibra detergente neutro (FDN) en el ensilado. El ensilado presentó mayor ($P < .01$) DISMS, DISFDN y mayor ($P < .05$) proporción de PV / PB, comparado con el material sin ensilar. La concentración (mmol) de los ácidos láctico, acético, propiónico y los minerales Ca, P, Na, Cu, Zn, Mo y Mn, aumentaron ($P < .01$) conforme se incrementó la proporción de excretas. El ácido butírico, Mg, K y Fe, no variaron significativamente ($P > .05$) con el incremento en el contenido de excretas. Con el ensilaje disminuyó ($P < .05$) el ác. butírico, Mg, Cu, Mo; y aumentaron ($P < .05$) los ácidos: acético, propiónico y láctico así como el mineral Ca. Se concluye que las excretas de cerdo con bagazo de caña y melaza, en las proporciones indicadas, producen cantidades elevadas de ácido láctico que favorecen la estabilización del ensilado, sin deterioro del aporte nutricional. Sin embargo, las cantidades de Ca, P y Mg fueron inferiores a las necesidades requeridas para producción bovina, por lo que no se debe utilizar el ensilado de excretas como único alimento para rumiantes, se recomienda el ensilaje de excretas porcinas con bagazo de caña y melaza, en los porcentajes 70 y 80 de excreta, para estudiar su utilización en la alimentación de bovinos.

1. INTRODUCCION.

La producción porcina bajo el sistema intensivo, ha originado que sea posible obtener una máxima producción de proteína animal, sin embargo, también ha provocado ciertos problemas que limitan su desarrollo. Uno de los más grandes problemas por resolver en las granjas porcinas es la contaminación ambiental que producen las excretas de cerdo, causando graves desequilibrios ecológicos (14,15,31).

Existen dos formas a través de las cuales la mayoría de los poricultores del país se deshacen de la acumulación de excretas: 1) vierten directamente las excretas en corrientes de agua, lo que provoca la descomposición de la materia orgánica acompañándose este fenómeno de una fuerte demanda bioquímica de oxígeno; al disminuir la cantidad de oxígeno en el agua, progresivamente se impide toda vida animal (peces y anfibios); 2) depositan las excretas sobre el suelo causando los siguientes efectos: los elementos fertilizantes (N,P,K) se mineralizan, luego se disuelven y pueden ser utilizados por las plantas. Pero hay elementos fertilizantes (amonio y fosfatos) que no alcanzan a ser absorbidos por las plantas, que se filtran a través de los horizontes del suelo al presentarse las primeras lluvias. Estos elementos finalmente llegan a los mantos freáticos y causan efectos contaminantes serios (62).

Desde la década de los sesentas, las investigaciones sobre las excretas porcinas indican que estas han dejado de ser un subproducto que se desperdicia. Se han estudiado diversos procedimientos para aprovecharlas en la forma menos nociva posible y en la actualidad sobrepasa su utilidad en la recuperación de suelos, fertilización, producción de biogás y alimentación de la misma u otra especie. El aprovechamiento como fertilizante sigue siendo el método más eficaz, pero también hay otras alternativas posibles, una de estas es el enriquecimiento de excretas porcinas por fermentación aeróbica o anaeróbica y su reciclamiento en alimentación animal. Los programas de alimentación basados en excretas porcinas biológicamente enriquecidas, ya no son simples hipótesis basadas en el análisis químico, ahora son prácticas aceptadas en algunas granjas porcinas. La reutilización de las excretas del cerdo en la alimentación de la misma especie, no ha recibido tanta atención en las investigaciones como la alimentación con excretas de aves o con excretas bovinas para alimentar rumiantes. Esto se debe a la composición del nitrógeno de las excretas de los

porcinas, que es la parte valiosa de las excretas de cualquier especie animal, y a las deficiencias de los cerdos para utilizar eficazmente el nitrógeno no proteínico. Los cerdos necesitan en sus dietas aminoácidos preformados, sin embargo, los rumiantes pueden utilizar eficazmente el nitrógeno no proteínico, incluso la urea y el ácido úrico (17, 23).

El uso de las excretas de los animales en la alimentación de los rumiantes, obedece principalmente a su elevado contenido de minerales y nitrógeno, lo que representa su mayor riqueza, aunque cuentan con una pobre concentración de energía. Las excretas de aves contienen mayor concentración de nitrógeno, seguidas por las de cerdo y las de bovino, las diferencias son por la actividad digestiva y metabólica, así como por la composición de las dietas de esas especies, además, se produce una variación importante en su composición según los tipos de ingredientes con que se mezclan cuando se proporcionan a los rumiantes. Lo que es indudable, es que las excretas representan una fuente potencial de nutrimentos, si se consideran, no como un desecho, sino como una materia prima disponible todo el año. Lo anterior es particularmente importante en las regiones áridas - semiáridas o en el trópico seco, en las cuales se presenta una época de sequía y escasez de alimento, muy prolongada (6 a 8 meses al año), ya que al disponer de excretas y otros subproductos, determina una posibilidad para la producción animal. En las regiones de trópico seco durante la época de sequía (diciembre a mayo) se cosecha la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), generándose varios subproductos tales como melaza y bagazo de caña, los cuales pueden mezclarse con excretas porcinas y ensilarse, mejorando las características organolépticas y el consumo por parte de los rumiantes (10). De los distintos tratamientos que se recomiendan para el reciclaje de excretas, el ensilaje es uno de los más recomendados ya que destruye o disminuye las bacterias, virus y otros microorganismos patógenos (27).

Existen algunas pruebas que han estudiado las características nutricionales de diferentes mezclas de pajas o rastrojos ensilados con melaza y excretas porcinas, sin embargo, no se ha efectuado ningún estudio acerca de la composición nutricional de ensilados a base de excretas porcinas, melaza y bagazo de caña de azúcar. Por tal motivo se realizó la presente investigación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción e importancia de las excretas porcinas.

De acuerdo con English, 1988; citado por López (31), la producción diaria promedio de estiércol y orina de cerdos (excretas) por etapa y por animal es como sigue: el cerdo al destete con un peso vivo promedio de 15 kg, produce en base húmeda 1 kg de desechos; en crecimiento, considerando un peso vivo promedio de 30 kg, la cantidad producida es de 1.8 kg; en la finalización, los cerdos con 70 kg de peso vivo producen 4.3 kg de excretas, y los cerdos con 90 kg promedio de peso vivo producen 5.7 kg; la cerda gestante con 130 kg de peso vivo promedio, produce 4.2 kg; la cerda y su camada con promedio de peso de 170 kg produce 15.1 kg; el verraco con 160 kg de peso vivo promedio, produce 5.3 kg de desechos. La información anterior permite estimar una producción diaria promedio por animal de 5.4 kg de desechos, estimándose, de acuerdo a los 8 a 10 millones de cabezas, aproximadamente, en los que se ha mantenido la población porcina durante la última década, representa una producción diaria promedio entre 43,200 y 54,000 toneladas de excretas. (26, 59).

La composición nutritiva de las excretas porcinas principalmente su contenido de nitrógeno y su riqueza de minerales, sugiere la posibilidad de emplearlas en la alimentación de los rumiantes. Los microorganismos del rumen pueden utilizar compuestos tales como: nitrógeno no proteínico, ácidos nucleicos de la proteína unicelular, carbohidratos estructurales y solubles de los granos que no alcanzan a digerir los cerdos; estos compuestos los transforman en proteína microbiana, ácidos grasos volátiles y otros nutrimentos que aprovechan los rumiantes para sus funciones productivas y reproductivas. El aprovechamiento de las excretas de cerdo en la nutrición de los rumiantes, puede contribuir al suministro de nutrimentos necesarios para la población, principalmente en los países en que es insuficiente la producción de granos. (8)

Cuando el manejo de las excretas es adecuado y los residuos sólidos se reciclan sin que existan interrupciones, pueden ser una buena fuente de nitrógeno, energía y minerales. Una ventaja adicional del reciclaje en la alimentación de rumiantes, es la disminución de los problemas de contaminación del medio ambiente, en primer lugar porque esta alternativa reduce el área requerida para la deposición de las excretas porcinas, en segundo orden porque su reutilización

en las raciones de los rumiantes (como excretas porcinas completas o como sólidos recuperados por distintos tipos de maquinaria), aún cuando estos también generan una gran cantidad de excretas, tienen un menor valor contaminante, al provocar una menor demanda química y biológica de oxígeno, lo cual esta relacionado a su menor contenido de nitrógeno, fósforo y otros elementos minerales (10,27).

Además de la utilización en las raciones de los animales, gran parte de la investigación sobre las excretas del cerdo, ha tenido otros objetivos como son: la producción de biogas, usado como sustrato para la síntesis de proteína de insectos y otros microorganismos, formación de suelos, fuente de nutrimentos para plantas y fertilización de tierras de cultivo. Varios estudios económicos han demostrado que la utilización de las excretas animales en la nutrición de rumiantes, tiene un valor económico de 3 a 10 veces superior a que si fueran utilizadas como fertilizantes (27). Tanto el nitrógeno como el fósforo son elementos esenciales de las raciones, pero también son causas de contaminación ambiental (55). Por esta razón, actualmente la investigación debe enfocarse a la modificación de las raciones alimenticias para minimizar, en primer lugar, las cantidades de nitrógeno y fósforo que finalmente a través de las excretas, penetran en las corrientes de agua (15,45).

2.2 Sistemas de tratamiento de excretas para disminuir los problemas de contaminación.

El estiércol de animales es un subproducto de la actividad pecuaria, que por razones económicas y sociales, no se aprovechan completamente dentro de la unidad de producción y se depositan en el medio, directamente sobre terrenos de cultivo y muchas veces sobre canales, arroyos y otras corrientes de agua para su eliminación, en donde al exceder la capacidad de asimilación por los cuerpos de recepción natural, causan problemas de contaminación. Afortunadamente, tales desechos pecuarios pueden incorporarse a los ciclos biológicos, a diferencia de residuos industriales, los cuales sufren poca degradación mediante los procesos naturales; por lo que es importante desarrollar una tecnología para el aprovechamiento de los desechos, que este vinculada a la tecnología pecuaria, con lo cual se lograría contribuir a la prevención y control de la contaminación, incluyendo la utilización del contenido de nutrientes de las heces en la cadena trófica (vegetales, animales y el hombre).

Los principales factores de las excretas que favorecen el fenómeno de la contaminación son:

la presencia de enormes volúmenes de materia orgánica que al degradarse generan niveles elevados de iones amonio y fosfato, que al depositarse en grandes cantidades, sin guardar una relación área-concentración, producen saturación de nitratos y fosfatos en los mantos freáticos. La presencia de metales pesados y moléculas orgánicas tales como fungicidas, herbicidas, insecticidas, etc. que, debido a que tales moléculas no se degradan rápidamente, producen el riesgo potencial de estarse reciclando continuamente. Lo mismo ocurre con la zoonosis, enfermedades transmitidas al hombre por los animales, causadas por diferentes tipos de microorganismos patógenos. El procesamiento completo de las aguas residuales para su purificación, se define como el grado de tratamiento que es necesario para restablecer en el agua residual, la pureza química, física y biológica del agua originalmente utilizada para diluir y transportar los residuos. Específicamente la eliminación de contaminantes presentes en las aguas de desecho, antes de ser vertidas en las aguas naturales o en los mantos freáticos, se denomina tratamiento de residuos líquidos (9, 43).

El tratamiento de aguas residuales puede efectuarse por medio de tres procesos: físicos, químicos y biológicos; sin embargo, el costo elevado de los mismos determina que aún en los países desarrollados, los dos primeros resulten inaplicables. Por esta razón, se han desarrollado mayor número de sistemas de tratamientos biológicos, que intentan emplear las transformaciones bioquímicas naturales para hacer frente a los problemas de contaminación (47).

Los investigadores que trabajan en esta área dividen al tratamiento de aguas residuales en tres tipos: **tratamiento primario**, formado por una serie de procesos que en forma individual o en conjunto permiten la separación de materiales extraños, separación de partículas grandes de materia orgánica, neutralización y otros procedimientos físico-químicos básicos que favorecen el medio bioquímico en el cual se van a desarrollar los microorganismos. **Tratamiento secundario**, integrado por diferentes tipos de procedimientos aerobios o anaerobios, con características muy particulares en cada sistema, que permiten el desarrollo de los microorganismos y la degradación casi completa de la materia orgánica, en compuestos sencillos, principalmente bióxido de carbono, ión amonio, nitratos, ortofosfatos y elementos minerales disueltos, y que pueden incluir o no diferentes tipos de filtros biológicos. **Tratamiento terciario**, constituido por procesos diferentes a los anteriores en los

cuales se busca la microseparación, precipitación, coagulación, adsorción, osmosis inversa e intercambio iónico, para separar los nutrimentos (minerales y otras moléculas sencillas) removidas en el tratamiento secundario. Algunos microorganismos se han utilizado como parte de este tratamiento terciario , por su capacidad de remoción de ciertos nutrientes específicos. Tal es el caso de las microalgas y cianobacterias que presentan una actividad muy importante en este nivel de tratamiento (9).

En general, los sistemas de tratamiento biológico se pueden dividir en dos grupos principales: a) sistemas con microorganismos que crecen sobre una superficie, sobresalen los filtros de percolación, discos biológicos rotatorios y filtros anaerobios; b) sistemas con microorganismos que crecen en suspensión (43). Entre estos se encuentran: lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas de oxidación, digestores anaerobios y lagunas aerobias de alta velocidad, que son los más abundantes en México y dentro de los cuales las lagunas de estabilización constituyen la modalidad más abundante.

El sistema más usado en el mundo para limpiar de patógenos los lodos orgánicos originados por excretas es la digestión anaeróbica. Las ventajas de este proceso son las siguientes: reducción del volumen del material digerido, mejora de la deshidratación del lodo, eliminación de microorganismos patógenos y parásitos y se obtiene un gas de alto valor combustible (34,35,36).

Tanto el tratamiento aeróbico, como el anaeróbico de las excretas porcinas, reducen la emisión de olores de un 75- 86 %. Sin embargo, el tratamiento aeróbico resulta 10 veces más costoso que el anaeróbico. Este último consiste en: guardar la excreta durante 10 días en tanques mezcladores a una temperatura de 35° C, después de fermentado, almacenarlo en lagunas, finalmente en la mayoría de los casos, separar líquidos de sólidos vertiendo los primeros a lagunas y los segundos a suelos agrícolas para fertilización (3).

En la utilización directa del estiércol de cerdo, o los lodos provenientes de las lagunas como fertilizantes, el agricultor debe cuidar la concentración y el nivel en que éstas son depositadas en el suelo para su manejo y degradación, principalmente la cantidad, ya que se puede desbalancear la carga iónica de los suelos o saturar de nitratos y fosfatos el agua subterránea. No se puede inundar indiscriminadamente el subsuelo de contaminantes porque a corto y largo plazo el daño se revierte, y una forma de hacerlo es controlando estrictamente todo lo que se

deposita en la tierra. Es cierto que cuando se utilizan las excretas como fertilizantes, los suelos se enriquecen de materia orgánica, pero cuando se rebasa la cantidad de excretas que puede ser degradada por hectárea, el proceso de fertilización se contrapone para la actividad agrícola (15).

Tanto al vertir los lodos como las excretas directamente sobre el suelo las corrientes de agua se contaminan por partículas orgánicas e inorgánicas y gérmenes patógenos resistentes a los tratamientos de excretas, lo anterior puede representar un problema de zoonosis; asimismo, un problema adicional es que las fosas y lagunas para tratamiento de excretas, favorecen la reproducción de moscas y mosquitos, estos son una verdadera plaga, tanto para la misma granja, como alrededor de ella, ya que la excreta de cerdo se convierte en nicho ecológico de moscas y mosquitos cuando el contenido de humedad se encuentra entre 35 y 85%. (7,53)

El aumento de excretas almacenadas (aun como parte del tratamiento en fosas y lagunas) o cuando son vertidas a las tierras de cultivo, envían efluvios de amoníaco a la atmósfera, que contribuyen en gran medida a la lluvia ácida (4).

Otro problema son los gases nocivos emanados de granjas porcinas de producción intensiva, que causan molestias y problemas de salud en humanos y animales (40). Los olores por sí mismos no causan ninguna enfermedad, pero provocan estrés y anorexia en animales confinados (54). La inhalación de altas concentraciones de estos gases nocivos: amoníaco (NH₃), ácido sulfídrico (H₂S), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), pueden provocar la muerte en humanos y animales (11).

2.3 Características nutricionales de las excretas porcinas solas o ensiladas con diferentes subproductos y su utilización como alternativa en la alimentación animal.

Como se mencionó anteriormente, en terrenos cercanos a granjas y cuencas porcinas con elevada cantidad de animales, se observa que la gran producción de excretas y su deposición irracional produce un severo problema de contaminación ambiental. En algunas regiones el reciclaje de excretas en la alimentación animal permite disminuir este problema, ya que la cantidad utilizada, evita que los desechos lleguen rápidamente a arroyos, ríos y mantos freáticos. Se necesita de un sistema de captación de excretas y de uno o varios tratamientos

que permitan obtener un subproducto inocuo para los animales, que presente elevado contenido de nutrimentos.

La realimentación con excretas de cerdo enriquecidas biológicamente, permite no sólo que el productor aumente la utilización de los nutrimentos de la ración sino también que los peligros de contaminación del medio ambiente disminuyan (23).

Los tratamientos de las excretas porcinas que se llevan a cabo para convertirlas en ingredientes alimenticios y conservar o mejorar sus características nutritivas, es a través de procesos: físicos, químicos y biológicos. El tratamiento físico incluye la separación de líquidos y sólidos para recuperar el alimento no digerido y deshidratado, para obtener un producto seco que puede ser almacenado. Los tratamientos químicos consisten en mezclar bactericidas biodegradables con excretas de cerdo y posteriormente darles un tratamiento térmico corto. Los tratamientos biológicos incluyen: el ensilaje que preserva los nutrimentos por fermentación anaeróbica láctica, otra alternativa es la fermentación microbiana por métodos aeróbicos y anaeróbicos que aumentan el porcentaje de nitrógeno de las células simples y la calidad de la proteína es mejor digerida por los animales no rumiantes (14).

En comparación con las excretas de otros animales, las excretas porcinas tienen un valor intermedio en cuanto a su contenido de proteína, sin embargo la digestibilidad aparente del nitrógeno puede ser superior a la de las otras especies (Cuadro 1).

La composición nutricional de excretas de cerdo se ha evaluado por diferentes investigadores en distintas condiciones (Cuadro 2). Se observa mucha diferencia en la composición química proximal, mineral, de las paredes celulares y fracciones de la fibra, que dan como resultado una enorme variación sobre la digestibilidad.

La mayor cantidad de información publicada acerca del valor nutritivo de las excretas porcinas es sobre su composición proximal y es poca la investigación acerca de las fracciones de la fibra y su digestibilidad.(10) El contenido nutricional de las excretas porcinas presenta además, variaciones enormes en su composición que están en función a su método de obtención o procesamiento (Cuadro 3).

Cuando no se tiene precaución la pérdida de nutrimentos puede ser muy elevada, por ejemplo, la excreta de cerdo deshidratada al sol, en condiciones de trópico seco, pierde 2% de proteína bruta al día y esta pérdida puede ser hasta un 50% de la proteína, si la excreta se expone a la

lluvia (10).

Los rumiantes alimentados con dietas que contienen excretas de cerdo, consumen raciones con buen contenido nutricional, a bajo costo. El contenido nutricional de excreta de cerdo es de 48% de TND, 24.0% de proteína bruta, 15% de fibra bruta, 2.7% de calcio, 2.1% de fósforo, 0.9% de magnesio y 1.3% de potasio (50).

El contenido de aminoácidos está en función a la cantidad de agua que hay en las excretas, por un efecto de dilución, sin embargo, se ha encontrado mayor riqueza de aminoácidos en las porciones más pequeñas, entre más fino es el tamiz mayor contenido de aminoácidos se presenta en los sólidos (Cuadros 4 y 5).

Existen algunos estudios acerca de la composición nutricional de excretas porcinas ensiladas en diferentes proporciones con melaza y esquilmos de cosecha tales como paja de trigo y rastrojo de maíz (10), sin embargo, es escasa la información sobre ensilados de excretas porcinas y subproductos de cosechas tropicales.

CUADRO 1. Comparación de la excreta de diversas especies.

Especie	FDA %	FDN %	N %	NFDA %	NFDN %	NFDA/NT %	DIGESTIB. APARENTE DEL N. % *
Bovinos							
Engorda	41.79	55.51	2.77	1.86	1.31	28.06	45.06
Bovinos							
Lechero	47.54	53.65	2.43	1.18	0.89	23.48	49.46
Cerdos	27.48	36.59	3.91	1.75	0.85	12.30	60.19
Gallinaza	28.64	34.62	4.02	2.83	1.61	22.94	52.64
Pollinaza	29.12	41.52	5.46	4.30	1.05	20.16	49.98

FDA - fibra detergente ácido

FDN - fibra detergente neutro

N - nitrógeno

NFDA - nitrógeno en la fibra detergente ácido

NFDN - nitrógeno en la fibra detergente neutro

NFDA/NT - nitrógeno en la FDA como porcentaje del nitrógeno total

* - digestibilidad aparente del nitrógeno

Rubio y col. (44)

CUADRO 2. Composición nutricional de excretas de cerdo en base seca.

Materia Seca %	32.67 c	43.65 c	30.70 l	29.90 l	77.07 b		
Proteína bruta %	46.17 a	20.25 c	21.39 c	11.23 d	23.50 f	24.00 h	25.70 j
Proteína verdadera %	15.60 f	7.78 l	6.44 l				
Fibra bruta %	17.89 c	16.29 c	7.00 d	23.00 d	14.80 f	15.00 h	17.04 l
Extracto etéreo %	1.52 c	3.67 e	2.00 d	9.00 d	8.00 f	2.99 l	3.47 b
Cenizas %	2.55 c	3.86 c	10.00 d	28.00 d	15.30 f	4.74 l	10.40 b
Extracto libre de nitrógeno %	38.30 d	31.48 b					
Calcio %	2.72 f	2.70 h	4.28 j	4.28 b			
Fósforo %	2.13 f	2.10 h	2.65 j	1.05 b			
Magnesio %	0.93 f	0.90 h	0.36 b				
Sodio %	0.45 j	0.35 b					
Potasio %	1.34 f	1.30 h	1.56 j	1.80 b			
Cobre, ppm	63.00 f	36.00 j	455.00 b				
Zinc, ppm	530.00 f	509.00 b					
Energía bruta KJ/g	17.00 d	23.00 d	16.82 l				
Fibra detergente neutra %	20.00 d	60.00 d	70.00 l	32.00 b			
Fibra detergente ácida %	14.00 d	39.00 d	21.68 l	15.70 b	11.70 b		
Lignina %	3.00 d	6.00 d	0.32 b				
Celulosa %	6.00 d	23.00 c	9.26 b				
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia seca en rumiantes %	29.00 i	51.00 k					
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia orgánica %	29.00 g						
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia seca en cerdos, %	49.00 e						

a) Adriano, 1975; citado por Iñiguez (27); b) Campabadal (8); c) Castrejón (10); d) Hilliard and Berat (25); e) Holland y col. 1975; citado por Iñiguez (27); f) Kornegay y col. (30); g) Ngian and Pierce (37); h) Smith and Wheeler (50); i) Stanogias and Pearce (51); j) Sutton y col. (53); k) Tinnmit y col. (57); l) Van Dyke y col. (60)

Todas las mezclas de estiércol de cerdo con paja de trigo y melaza, tuvieron más de 6% de carbohidratos solubles en agua (CSA, base seca), siendo esta la cantidad mínima indispensable para que exista una adecuada fermentación en el proceso de ensilaje. Los carbohidratos solubles en agua son utilizados por las bacterias lácticas como fuente de carbono y energía durante el ensilaje (66).

CUADRO 3. Componentes químicos de excretas de cerdo , producto de dos sistemas de recuperación.

COMPONENTE	B. S. (%)	COLECCION MANUAL	SOLIDOS RECUPERADOS
Humedad		50.26	28.35
Proteína bruta		23.98	11.65
Grasa bruta		7.17	6.80
Fibra bruta		7.10	6.75
Cenizas		12.58	16.90
Calcio		2.23	2.05
Fósforo		1.36	1.27

Harmon, (1976)

CUADRO 4 Composición de aminoácidos en excretas porcinas:

Aminoácidos	Excretas frescas	Excretas secas	Licor mixto zanja de oxidación	Licor zanja de oxidación
Fenilalanina	0.81	0.87	1.48	1.66
Lisina	0.60	1.11	1.42	1.60
Arginina	0.44	0.67	1.28	1.45
Treonina	0.53	0.80	1.96	1.22
Metionina	-	0.58	0.77	0.60
Isoleucina	0.52	1.03	1.49	1.54
Leucina	0.92	1.57	2.79	2.13

Harmon, 1972

CUADRO 5. Composición nutritiva de excreta de cerdo tamizada (%)*.

	Tamaño de partícula, pulgadas				
	0.0328	0.0117	0.0058	0.0029	líquido mixto
Proteína	8.4	11.1	30.0	75.6	-
Lisina	0.38	0.92	1.36	3.08	1.78
Histidina	0.24	0.52	0.98	1.32	1.00
Treonina	0.98	1.57	2.01	2.44	1.71
Metionina	0.32	0.42	0.62	1.27	0.54
Isoleucina	0.81	1.13	1.66	2.20	1.24
Leucina	2.52	2.54	3.87	3.54	2.16

* - porcentaje de la materia seca
Van Dyke , y col. (60)

Iñiguez (27), realizó un trabajo donde evaluó ensilados de excretas porcinas, melaza de caña y paja de trigo, a diferentes proporciones de excreta, determinó la composición proximal, el pH, el contenido de azúcares solubles y la cantidad de ácidos grasos volátiles, encontrando que las cenizas, proteína bruta y extracto etéreo, disminuyen linealmente al disminuir el porcentaje de excreta de cerdo en las distintas mezclas, mientras que la fibra cruda aumentó linealmente ($P < 0.01$). El contenido promedio de ácido láctico fue 7.6% en las mezclas con 44% de excreta de cerdo y de 4.4% para las mezclas con 22% de excreta.

La composición química de los residuos sólidos de las excretas de cerdo, varía de acuerdo a los ingredientes utilizados, a la formulación de éstos y a la condición de las fosas de captación de las excretas en cada granja. (Cuadro 6).

CUADRO 6. Composición de las excretas de cerdos, residuos sólidos provenientes de fosas de captación.

Granja	% HUM.	% PC	% EE	% CEN	% FC	% ELN
		Base	Húmeda			
Xoxocotla	67.33	6.65	1.52	2.56	17.89	4.18
Nopalera	56.35	9.29	3.67	3.8	16.29	10.54
		Deshidratada	(medio ambiente)			
Xoxocotla	12.63	19.75	4.66	-	-	-
Tenango	5.97	17.30	3.85	4.71	26.14	42.03
Pueblo Viejo	8.11	20.70	3.67	4.32	21.42	-
		Base	Húmeda			
		Ca %	P total %			
		0.639	0.152			
		1.23	0.41			

HUM. humedad

PC proteína cruda

EE extracto etéreo

CEN cenizas

FC fibra cruda

ELN elemento libre de nitrógeno

Castrejón (10)

Los ensilados presentaron un aroma característico de adecuada fermentación, desapareció el olor típico de la excreta de cerdo y mejoró la textura del material ensilado. Esto facilitó el mezclado con otros ingredientes y el consumo por los animales. El pH en la mezcla que contenía 22% de excreta de cerdo disminuyó de 6.5 antes de ensilar a 4.9% en el ensilado. En la mezcla que contenía 44% de excreta de cerdo, el pH disminuyó de 6.4 a 4.7%. La concentración de AGV(ácidos grasos volátiles) cambió poco después de la fermentación, lo que pudo ser indicativo de que los microorganismos heterofermentativos no lácticos permanecieron relativamente más activos durante el proceso de fermentación (27).

Investigaciones realizadas por Iñiguez y col. (28) con excretas de cerdo ensilada con tubérculos de yuca, mostraron que el contenido de carbohidratos solubles en agua disminuyó al aumentar la proporción de excretas, en cambio la producción de ácidos grasos volátiles, pH, proteína cruda, fibra cruda y cenizas fue mayor al incrementarse la proporción de excretas (Cuadro 7).

En la década de los años sesenta, se intensificó el estudio de las excretas de los animales domésticos y su reciclaje en la alimentación de la misma u otra especie (6). En México se utilizó más la pollinaza en las raciones de ovinos o bovinos en engorda intensiva (10). Sin embargo, la inclusión de excretas de cerdos en raciones para la alimentación de rumiantes inició una década después buscando ventajas económicas para la producción de carne, además de proporcionar alternativas en el control de la contaminación; eutroficación, moscas y producción de gases nocivos y olores (17, 23,41, 50, 63).

CUADRO 7. Cambios en la composición química proximal de diferentes mezclas de excreta de cerdo y tubérculo de yuca antes y después de ensilar. (base húmeda).

Mezcla excreta:yuca	42:58	53:47	65:35	80:20
antes de ensilar				
Humedad(%)	40.77	37.53	38.77	39.51
pH*	6.32	6.64	6.52	6.58
CSA (%) *	11.30	9.90	6.93	5.83
AGV(%) **	0.7	1.42	2.24	3.43
Acido láctico (%)	1.09	1.35	1.54	1.94
ensilado ***				
pH	4.15	4.48	4.62	4.93
CSA (%)	32.47	29.33	21.62	13.51
AGV (%)	1.54	2.38	3.41	4.48
Acido láctico (%)	6.12	6.57	8.08	7.98
Humedad (%)	41.89	40.76	41.87	41.79
Proteína cruda (%)	4.37	8.55	13.57	20.56
Fibra cruda (%)	6.00	7.96	8.67	11.64
Cenizas (%)	3.01	6.04	9.87	13.64
Extracto etéreo (%)	0.82	2.73	4.45	6.80

* CSA= Carbohidratos solubles en agua. ** AGV= Acidos grasos volátiles.

*** 42 días después de iniciar la fermentación.

La producción porcícola en México y Centroamérica disminuyó en los últimos años, por un bajo precio del cerdo en pie e incrementos constantes de las materias primas para la elaboración de sus alimentos. Por estas razones, además, de la promulgación de nuevas leyes que obligan al productor a instalar equipos para el tratamiento de desechos que eviten la contaminación, se propuso como alternativa la utilización de los desechos, llamados cerdaza, en la alimentación del ganado de carne. La utilización eficiente de la cerdaza en la alimentación de ganado de carne se modifica por factores como; composición nutricional, problemas de salud, rentabilidad económica y tipo de alimentación del ganado. Al reciclar la cerdaza en la alimentación del ganado de carne, se observa un efecto positivo en el rendimiento, cuando se compara con animales en pastoreo, el rendimiento en canal de los animales alimentados con cerdaza varió de 57.50 a 58.75%, la carne presentó mayor suavidad, mayor marmoleo y sin problemas de sabor. Una observación realizada en bovinos alimentados con cerdaza fue su disminución en el rendimiento cuando estos alcanzaron un peso promedio de 455 kg. (8) Actualmente en el estado de Yucatán el empleo de excretas de cerdo en la alimentación de bovinos ha ganado auge debido a las buenas ganancias de peso obtenidas con estos subproductos. El aceptable comportamiento animal, obtenido con raciones que contienen altos niveles de excreta de cerdo (35-45%), se explica parcialmente por el consumo elevado de materia seca y energía metabolizable (2).

En rumiantes del trópico mexicano se han realizado algunas evaluaciones sobre el valor nutritivo de la excreta de cerdo mezclada con melaza y rastrojo de maíz. El comportamiento de los animales (toretos), permite sugerir la inclusión del ensilaje en las raciones como dieta alternativa. Los rumiantes alimentados con 25 a 55% de excreta de cerdo en base seca, melaza y rastrojo, lograron ganancia en peso vivo de 0.772 a 1.161 kg por día. (19,20,21,63).

Con excepción de ciertas unidades de producción pecuaria, las excretas de cerdos y bovinos son poco utilizadas como fuente de nutrimentos, y la mejor alternativa es utilizarlas como ingredientes básicos en la alimentación de rumiantes(27). Al respecto, las formas en que se han incluido las excretas en las raciones son las siguientes: fresca (recolectadas a pala de los corrales) y proporcionadas directamente en los comederos junto con otros ingredientes; deshidratadas, separando la fracción sólida y líquida, empleando principalmente la fracción sólida mezclada con otros ingredientes y utilizando la mezcla en la finalización de bovinos

productores de carne; finalmente con el objetivo de reducir los problemas de microorganismos patógenos y zoonosis anteriormente señalados, se recomienda procesar las excretas con algún tratamiento químico, físico y biológico (fermentación aeróbica o anaeróbica a través del ensilado) (12, 13, 19 ,20, 22, 34, 41, 46, 63). El proceso de ensilaje permite la fermentación de las excretas de cerdo al mezclarlas con subproductos agrícolas, obteniéndose mezclas libres de olores característicos a las excretas y de microorganismos potencialmente patógenos (65). Durante el ensilaje se presenta la disminución de estos últimos, los coliformes se multiplican hasta el séptimo día y luego son reemplazados progresivamente por cocos productores de ácido láctico, los cuales a su vez son reemplazados por *Lactobacillus* , de crecimiento más lento, con mayor capacidad de producción de ácido láctico (27).

Otras ventajas del ensilado de excreta animal son: mejoramiento en el consumo por el animal y disminución de los costos de alimentación hasta en un 30% (27).

En bovinos alimentados exclusivamente con ensilado de excretas, conteniendo este 10 % de grano, 3 % de melaza y 5 % de paja (para ajustar la humedad inicial a 60 %), las ganancias diarias de peso fueron de 800g. Utilizadas de esta forma, las excretas se constituyen en una fuente de alimentación y no de contaminación (45).

La composición nutritiva de los ensilados de excretas porcinas con esquilmos es muy variable debido al alimento y manejo que reciben los cerdos, así como al tipo de esquilmo utilizado en la mezcla, por lo tanto la respuesta productiva de los animales alimentados con los ensilados también es variable (8). Considerando que la alimentación típica del cerdo esta basada en granos (maíz o sorgo) e incluye suficientes ingredientes proteínicos (pastas de oleaginosas, derivados lácteos, subproductos de origen animal), que son digestibles en un 85%. Además, no es conveniente utilizar las excretas como único alimento ya que disminuyen el consumo y la ganancia de peso (27).

El ensilado de excretas animales ofrece como ventajas: mejorar la gustosidad y el consumo, disminuir problemas de contaminación y bajar los costos de alimentación. El proceso de fermentación de excreta de cerdo es un método biológico factible para proveer alimento a los animales. Higuera (27), concluye con base en las observaciones de su investigación, que el ensilado con 44% de excreta de cerdo es una alternativa como una dieta de mantenimiento, que al ser balanceada en forma adecuada, puede ser económicamente más rentable que la

alimentación con concentrados costosos (27).

El ensilado de excretas de diferentes especies no rumiantes en la alimentación de rumiantes, tiene ventajas sobre todo cuando se utiliza en complementación del forraje durante la época de secas en el trópico subhúmedo mexicano, que comprende los meses de diciembre a mayo. En todos estos meses los pastos secos y esquilmos que consume el gartado en pastoreo, pueden aprovecharse eficientemente si se complementan con una cantidad de ensilado de excretas (42).

2.4 Subproductos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) como alternativa de alimentación en el trópico.

De las gramíneas, la caña de azúcar es la más eficiente como fijador de energía solar, ya que llega a presentar una producción de biomasa de 276- 395 ton/ ha/ año. Su principal importancia es que se cosecha en época de secas, cuando la escasez de alimento en el trópico seco es muy crítica. Las diferentes partes de la caña (tallo, cogollo, limbos secos y vainas), difieren en su calidad nutritiva, siendo los limbos y las vainas las partes de más bajo valor nutricional. La variación de nutrimentos y el elevado contenido de fibra en los subproductos de la caña de azúcar, no permite que estos sean utilizados como única fuente de alimentación de los rumiantes. Entre las características principales de esta gramínea, además de la producción de forraje cuando más se necesita, sobresale también, que su valor nutritivo varía muy poco con la edad de la planta después de 8 meses de rebrote, y puede permanecer en los sembradíos hasta que se requiera, sin perder sus propiedades nutritivas. Ya cortada, la caña puede almacenarse hasta por una semana, sin cambios significativos en su composición nutritiva (27,49).

Desde varias décadas, en los países productores de caña de azúcar en Latinoamérica, se han llevado a cabo muchas investigaciones sobre el valor nutritivo de la caña de azúcar y sus subproductos, se ha observado que la caña es un cultivo excelente para sustituir a los cereales ventajosamente en la formulación de raciones para alimentar rumiantes, cerdos y aves (49).

El potencial forrajero de la caña de azúcar corresponde a una producción de 89- 158 ton /ha/año (29)). Calculando que un bovino al día consume 20 kg de caña picada y tiene una ganancia de peso diaria de 0.600 kg por animal, entonces una hectárea de esta gramínea puede alimentar de 12- 22 bovinos por ha/año y producir 4.818 toneladas de peso vivo por año, estos

datos señalan que utilizar la caña de azúcar para producir carne en los trópicos es una buena alternativa (5).

El bagazo de caña de azúcar es utilizado en la alimentación animal en forma integral, con la médula o como bagacillo. El bagazo es un fuente potencial de energía para la nutrición de bovinos y pequeños rumiantes, aunque utilizándolo en forma natural no es muy eficiente por su alta cantidad de fibra lignificada y su muy bajo contenido de proteína y energía. La lignina interfiere sobre la digestibilidad por su resistencia a la degradación por los microorganismos ruminales. Además la lignina protege la fibra e impide que las enzimas microbianas puedan llevar a cabo la digestión (49).

El bagazo y el bagacillo de la caña de azúcar, son subproductos voluminosos de bajo nivel nutritivo, alto en componentes fibrosos y lignina, y también con un bajo contenido de proteína total, por lo que al utilizarlo en la alimentación animal requiere de un complemento proteínico (5).

La melaza es un subproducto de la caña de azúcar que se utiliza como saborizante, aglutinante, en la producción de licores y en el trópico seco como alternativa en la alimentación animal, cuando hay escasez de pastos (29).

En la alimentación de rumiantes el uso de la melaza está muy extendido, por ser consirado un ingrediente económico. Mezclándola con urea, la utilización del nitrógeno es mas eficiente, y el método utilizado es muy simple ya que no requiere gran inversión. En bovinos de engorda en corrales, se utiliza hasta un 50% de melaza en la ración, por el menor incremento calórico de los azúcares que contiene (sacarosa, glucosa y fructosa), comparado con el de los almidones (49).

La melaza de caña de azúcar puede utilizarse de dos formas diferentes: a) como base de la alimentación y b) como suplementación de animales en pastoreo.

En corrales de bovinos se utiliza la melaza de caña mezclada con urea desde 2.5- 3% de inclusión, a libre consumo, previa adaptación de los animales a la urea (5).

La punta de caña es un subproducto de la agroindustria azucarera y su valor nutritivo es bajo, se caracteriza por tener de 1.8 a 3.1% de proteína bruta, alto contenido de fibra bruta (38-41%), un pobre contenido de fosforo (0.05- 0.18%) y muy baja digestibilidad de la materia seca. En el trópico seco, se utiliza como alternativa en la alimentación de rumiantes; sin

embargo, los residuos de la cosecha de la caña de azúcar (cogollo, hojas verdes y secas), en la mayoría de los casos se dejan dispersos en los campos cañeros. Estos subproductos representan un potencial para la alimentación de rumiantes, principalmente como fuente energética (29, 49).

La utilización de la punta y el bagazo de caña como alternativa en la alimentación de bovinos, se relaciona con el manejo que se le da al cultivo de la caña de azúcar, esta al cosecharse sin quemar deja disponibles el cogollo y las puntas. Si estos subproductos se recogen, representan un volumen importante para utilizarlos en la alimentación del ganado, principalmente en la temporada crítica ya que coincide con la escasez de pastos en la época de sequía (5).

En regiones tropicales la producción de caña de azúcar es común, y como resultado final al cosecharla se obtienen subproductos como el bagazo de caña y melaza, que se utilizan ampliamente en la alimentación de rumiantes (16). El bagazo de caña es una buena fuente de fibra, muy útil en la alimentación de rumiantes y se le estima un contenido de materia seca que va de 30- 50% (48).

Justificación.

La necesidad de una mayor producción de carne de cerdo ha propiciado que la actividad porcícola en México sufra un cambio en la explotación de esta especie, pasando de traspatio a una explotación intensiva de grandes poblaciones, esto ha traído como consecuencia que aumente la contaminación ambiental por la generación de excretas. Algunos de los problemas para un manejo adecuado de las excretas de cerdo son: la falta de terrenos donde acumular estos desechos, alta proliferación de insectos, malos olores, contaminación de mantos freáticos, generación de amoníaco al medio ambiente y problemas de salud pública, entre los que figuran: colibacilosis, disentería, tifoidea, salmonelosis y enfermedades parasitarias (27).

En el trópico seco, por la escasez de agua y pastos durante la sequía, como alternativa a este problema se han utilizado subproductos como bagazo de caña y melaza que se mezclan con pajas y otros residuos de cosecha, importantes porque ayudan al mantenimiento de los rumiantes. Sin embargo, estos subproductos no satisfacen las necesidades de producción y algunas veces ni de mantenimiento, por lo cual deben buscarse alternativas complementarias. Una de estas alternativas, que reduce el problema de contaminación y complementa el bajo

valor nutritivo de los esquilmos y subproductos, es su mezcla con excretas; la variación en el aporte nutricional tanto de estas como de los subproductos de la caña, determina que su composición nutricional se analice perfectamente, antes de utilizarlas para balancear las raciones. Además, la posterior conservación de los nutrimentos por medio del ensilaje, permite disponer de alimento aún en lo más crítico de la época de sequía; se conoce que el ensilaje destruye la mayor parte de microorganismos patógenos sin deterioro de su composición nutricional, no obstante, es escasa la información acerca de la composición nutricia de este tipo de mezclas ensiladas.

Objetivo general

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tiene la finalidad de realizar la caracterización nutricional de ensilados de excretas de cerdo con bagazo de caña y melaza, generando información sobre el valor nutritivo de algunas mezclas que puedan utilizarse para la formulación de raciones en rumiantes.

Objetivos específicos.

Determinar en ensilados de excreta de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza:

1. La composición química proximal y el contenido de paredes celulares.
2. La digestibilidad *in situ* de la materia seca y de las paredes celulares.
3. La proteína verdadera y el contenido de nitrógeno no proteínico.
4. La concentración de calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, manganeso, zinc, hierro, cobre y molibdeno.
5. La cantidad de ácidos grasos volátiles.
6. Los cambios en la concentración de los distintos principios químicos respecto a la mezcla antes de ensilar.

Hipótesis.

Las distintas proporciones de mezclas de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, la granja o el proceso de ensilaje, modifican la composición química proximal, la digestibilidad *in situ*, el contenido de ácidos grasos volátiles o el contenido mineral de los ensilados de excretas porcinas.

3. MATERIAL Y METODOS.

3.1 Localización del estudio y las granjas donde se obtuvieron los materiales.

La investigación se realizó en los laboratorios de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; el Departamento de Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas; ambos de la U.N.A.M.

Las excretas se recolectaron en dos granjas porcinas ejidales del estado de Morelos. La granja porcina ejidal de Tlacotepec, ubicada en el Municipio de Zacualpan de Amilpas, Mor., latitud norte 18° 47', longitud oeste 98° 45', temperatura anual 19.6° C., precipitación pluvial anual 1038 mm, clima (A) Ca (wi) (i') g w", altura sobre el nivel del mar 1802 m. La granja porcina ejidal de Xoxocotla, Municipio de Puente de Ixtla, Mor., su localización y características son: latitud norte 18° 39', longitud oeste 99° 12', temperatura promedio anual 24.1° , precipitación pluvial anual 832.4 mm, clima Awo (w) (i') gw", altura sobre el nivel del mar 920 m. (18) Ambas granjas de ciclo completo, con un sistema de recolección de excretas en fosa de captación y sistema LISCO para separación de sólidos. Se obtuvo una muestra al azar de los sólidos recuperados el 4 de marzo de 1995.

El bagazo de caña de azúcar se obtuvo del Ingenio Azucarero Casasano ubicado en el Municipio de Cuahtla, Mor.

La melaza de caña de azúcar se consiguió del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina, U.N.A.M., localizado en Tres Marías, Mor.

3.2 Caracterización nutricional de los ingredientes que constituyeron los ensilados.

En el Cuadro 8 se muestra la composición química de las materias primas que integraron las mezclas, determinada antes del proceso de ensilaje.

3.3 Descripción de los tratamientos.

Con la fracción sólida de las excretas de cada granja, se integraron cuatro tratamientos diferentes en cuanto a la proporción (% , base húmeda), de excretas, melaza y bagazo de caña de azúcar, respectivamente:

T1 : 50 - 45 - 5

T2 : 60 - 35 - 5

T3 : 70 - 25 - 5

T4 : 80 - 15 - 5

CUADRO 8. Composición química de los subproductos que integraron los tratamientos.

Principio nutritivo	Bagazo de caña	Melaza de caña	Excreta Xoxocotla	Excreta Tlacotepec
% Materia seca	53.98	80.33	34.55	35.99
En base seca				
% Proteína bruta	2.12	4.16	17.44	14.55
% Extracto etéreo	3.75	1.74	6.23	5.54
% Ceniza	3.67	12.69	16.27	5.76
% Fibra bruta	42.34	0.35	24.12	23.77
% Elemento libre de nitrógeno	48.07	81.16	35.18	50.14
% Calcio	0.07		1.95	0.49
% Fósforo	0.08		1.23	0.44
% Fibra detergente neutro	76.94		43.93	70.24
% Fibra detergente ácido	58.48		35.77	44.42
% Celulosa	41.38		19.66	28.13
% Lignina	16.72		8.22	12.18
% Cenizas insolubles	1.18		7.89	4.09
% Hemicelulosa	18.22		8.25	25.82
% Dig. <i>in situ</i> FDN. (a)	84.42		73.65	80.61
En base húmeda				
pH	4.03		3.85	5.44
Proteína bruta	1.15		6.39	5.26
Proteína verdadera %	0.48		4.36	3.89
% PV/%PB (b)	42.22		68.23	73.95

(a) % Digestibilidad *in situ* de fibra detergente neutra .

(b) % de proteína verdadera sobre % de proteína bruta.

3.4 Metodología de la investigación.

La fracción sólida de excretas porcinas, bagazo y melaza de caña de azúcar en su parte proporcional en cada tratamiento, se pesaron en base húmeda para completar 60 Kg. se mezclaron a pala dando cuatro pases e inmediatamente, antes de ensilar, se tomaron al azar de lugares diferentes tres muestras (repeticiones) para realizar, posteriormente, los análisis de laboratorio en los tratamientos de cada granja. Las muestras se conservaron en congelación a -20 ° C para posteriormente analizarlas.

Después de llevar a cabo el muestreo, las mezclas se ensilaron en microsilos de plástico de 2.5 kg, compactando perfectamente y extrayendo el aire por medio de una bomba de vacío. Las tapas se sellaron con silicón para evitar completamente la entrada de aire y se hizo vacío al final a través de un tapón de hule que se insertó en la tapa de cada recipiente.

Las mezclas se ensilaron por 30 días, al terminar este período se destaparon los microsilos y después de desechar los primeros 15 cm de la parte superficial, se hizo la evaluación de las principales características organolépticas (color, olor, presencia de hongos) de los ensilados, por medio de cuatro laboratoristas con experiencia previa en las características adecuadas de un ensilado de forraje, los cuáles indicaron con n (negativo), + (ligero), ++ (moderado), +++ (fuerte) y ++++ (muy marcado), su apreciación. En seguida, de la porción central de cada microsilo se tomó una muestra de 250 g aproximadamente, la cual junto con las muestras antes de ensilar, se congeló hasta su análisis posterior.

3.5 Variables de respuesta

En las muestras antes de ensilar como en los ensilados, se determinaron las siguientes variables de respuesta: el análisis químico proximal; proporción de proteína verdadera (1, 56); digestibilidad *in situ* de la materia seca y de las paredes celulares (24), el contenido de paredes celulares y fracciones de la fibra por la técnica de Van Soest y Wine (61); la concentración de calcio por el método volumétrico; la determinación de fósforo por el método colorimétrico; determinación de sodio y potasio por flamometría; el magnesio, manganeso, zinc, hierro, cobre y cobalto, se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica; el

contenido de ácido láctico y ácidos grasos volátiles se determinaron por cromatografía de gases (1).

3.6 Diseño experimental y análisis estadístico.

Los tratamientos se distribuyeron de acuerdo a un diseño experimental de parcelas divididas, donde el criterio de parcela grande fue la granja (Tlacotepec y Xoxocotla), parcela chica fue la condición (antes o después de ensilar), se utilizaron cuatro tratamientos con tres repeticiones. Con los resultados se realizó el análisis de varianza para el diseño experimental mencionado de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + C_j + (GC)_{ij} + I_k + (CT)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

$$i= 1,2$$

$$j= 1,2$$

$$k=1,2,3, 4$$

Y= Variable de respuesta

i= subíndice para indicar granja

j= subíndice para indicar condición

ij= subíndice para indicar la interacción del i-ésimo tratamiento con la j-ésima condición

k= subíndice para indicar el k-ésimo tratamiento

jk = subíndice para indicar la interacción de la j-ésima condición con el k-ésimo tratamiento

Donde:

μ = Media general

G_i = efecto de la i-ésima granja

C_j = efecto de la j-ésima condición

GC_{ij} = efecto de la interacción de la i-ésimo granja con la j-ésima condición

I_k = efecto del k-ésimo tratamiento

CT_{jk} = efecto de la interacción de la j-ésima condición con el k-ésimo tratamiento

ϵ_{ijk} = error experimental

Cuando existieron diferencias significativas ($P < .05$), se realizó la comparación de medias por la prueba de Tukey.

4. RESULTADOS

Las características organolépticas observadas en los ensilados, se muestran en el Cuadro 9.

En el Cuadro 10 se indica la composición química proximal de las diferentes mezclas de excretas de cerdo con bagazo de caña y melaza, algunas diferencias según la granja y según la condición: antes y después de ensilar.

La concentración de proteína bruta (PB), proteína verdadera (PV) y el porcentaje de proteína bruta que correspondió a la proteína verdadera, se muestran en el Cuadro 11.

El contenido de paredes celulares y las fracciones de la fibra en las mezclas de excretas de cerdo con bagazo de caña y melaza, los valores por granja, así como las diferencias antes y después de ensilar, se indican en el Cuadro 12.

La digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS), de la FDN (DISFDN) y las modificaciones en **pH**, se presentan en el Cuadro 13.

El contenido de ácidos grasos: acético, propiónico, butírico y láctico, así como la suma de los tres primeros, de acuerdo al tratamiento según la granja y según la condición: antes y después de ensilar, se indica en el Cuadro 14.

La concentración de macrominerales: Ca, P, Mg, Na y K, en las mezclas con excretas de cerdo, las variaciones según la granja o según la condición: antes y después de ensilar, se muestran en el Cuadro 15.

El contenido de microminerales: Mn, Zn, Cu, Fe, y Mo de acuerdo al tratamiento y según la granja o la condición: antes o después de ensilar, se indican en el Cuadro 16.

5. DISCUSIÓN

5.1 Características organolépticas.

En ninguno de los microsilos se observó, a simple vista, crecimiento de hongos o algún otro signo de deterioro en las características de los ensilados. Por otra parte, se manifestó un cambio de coloración, ya que antes de ensilar, las mezclas iniciales presentaron un color café oscuro, este se decoloró ligeramente dando una tonalidad café rojiza al término de los 30 días. No hubo diferencia entre granjas en estas características cualitativas, no obstante, en el olor de los ensilados, se obtuvieron las siguientes diferencias entre granjas: en las excretas de la granja Tlacotepec, en los tratamientos con 70 y 80% de excretas, el olor predominante fue el característico a las excretas, y al aumentar el nivel de estas desde 70 a 80 %, aumentó además, el olor a cierta fermentación alcohólica (Cuadro 9). La cantidad de alcohol, sin embargo, no fue posible evaluarla en esta investigación, pero se recomienda contemplar dentro de los análisis de rutina en este tipo de ensilados. El olor a ácido fue más marcado en los ensilados con 50 y 60 % de excretas, no obstante esta evaluación cualitativa no correspondió con los resultados cuantitativos del análisis de ácidos grasos volátiles que se señala más adelante (Cuadro 14). En los ensilados con excretas de la granja Xoxocotla aun en el nivel de 80 % de excretas, no se encontró olor a alcohol. El olor a ácido (principalmente láctico) aumentó a medida que se incrementó la proporción de excretas, sin embargo, también fue mayor el olor característico a estas últimas.

5.2 Composición química proximal y proteína verdadera.

El contenido de materia seca (MS) disminuyó ($P < .05$) a medida que aumentó el porcentaje de excretas de cerdo (Cuadro 10); no hubo diferencia entre granjas ($P > .05$); la MS fue mayor ($P < 0.01$) en las mezclas después de ensilar (43.51%) en comparación con el material antes de ensilar (40.35%).

El contenido de MS en las mezclas fue mayor a la cantidad de MS que presentó la fracción sólida de las excretas porcinas, debido a los aportes que realizaron la melaza y el bagazo de caña. En estudios realizados con anterioridad sobre la composición de la fracción sólida de excretas, se encontró variación en la concentración de MS, entre 31.31 y 41.99 % (10); la cantidad de MS en

los residuos sólidos utilizados en esta investigación fue 34.55% (Xoxocotla), 35.99 % (Tlacotepec). Con base al contenido de materia seca es posible que la fracción sólida, sin otro subproducto, pudiera ensilarse sola, sin embargo, la estabilización de una fermentación láctica adecuada, dependería de la cantidad de azúcares solubles y estos son variables en función al tipo de dieta y manejo que le dan a los residuos en cada granja.

En ensilados de una gran cantidad de forrajes, se encontró que un contenido de MS inferior a 20 % o superior a 70 %, limita las características adecuadas del ensilado, por favorecer la proliferación del género Clostridia y fermentaciones inadecuadas debido al elevado contenido de humedad, ya que se presenta una mayor pérdida de MS. Los carbohidratos solubles se drenaron o se transformaron en ácido butírico o acético, además se presentó mayor degradación de proteína a nitrógeno amoniacal (32, 64, 65). Durante el ensilaje de maíz y otros materiales con bajo contenido de humedad, generalmente un porcentaje de MS superior al 70 %, también disminuye la calidad de los ensilados por: presentar baja densidad y dificultades para lograr una compactación adecuada, limitar la actividad de las bacterias lácticas, disminuir la actividad fermentativa, por lo tanto hay una menor producción de ácidos y amonio; lo cual fue más notorio a partir de un contenido mayor de 50 % de MS. Bajo estas condiciones resulta más difícil extraer completamente el aire de las mezclas por lo que hubo baja densidad, sobrecalentamiento y pérdidas hasta de 44 % de la MS en algunos ensilados, la mayoría con proliferación de hongos (32, 64). Sin embargo, el contenido de MS (entre 39 y 45 %) en las mezclas de la presente investigación, no fue limitante para alcanzar la fermentación y estabilización de los ensilados.

La concentración de proteína bruta (PB) aumentó ($P < .01$) de 8.17% a 13.40% al incrementarse las excretas de cerdo en las mezclas; no hubo diferencia entre granjas ($P > .05$); sin embargo, el contenido de PB disminuyó ($P < .01$) por el proceso, debido al escurrimiento natural de los compuestos solubles que se presenta durante el ensilaje.

Debido al mínimo contenido de proteína en el bagazo y la melaza de caña, la cantidad de proteína bruta fue menor en las mezclas que en las excretas solas. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la PB de la fracción sólida de las excretas fue 17.44% (Xoxocotla) y 14.55% (Tlacotepec). Los residuos sólidos de excretas porcinas obtenidos por un sistema similar (10) al utilizado en esta investigación, presentaron valores de PB entre 17.3 y 20.7 % (10). Por otra parte, un estudio realizado sobre la composición nutricional de ensilados con melaza,

excretas porcinas y paja de trigo, en la proporción 5:40:55, respectivamente, se encontró un contenido de PB de 6.12 %, y cuando la proporción de los subproductos señalados fue 5:80:15, esta cantidad aumentó hasta 21.77% de PB. Cuando el contenido de humedad en los ensilados se hizo variar y la proporción de excretas en las mezclas, en base seca, fluctuó entre 11 y 44 %, las cantidades de PB en los ensilados variaron entre 7.65 y 18.52 %, respectivamente. El contenido de proteína fue mayor en aquella investigación debido a que utilizaron las excretas completas del cerdo, deshidratadas (27). En esta investigación, la PV fue 2.76% en el nivel de 50% de excretas; cuando estas aumentaron a 80%, la PV comprendió 3.65%; como porcentaje de la proteína bruta la proporción de proteína verdadera disminuyó ($P < .01$) de 34.21% con 50% de excretas, hasta 27.82% con 80% de excretas (Cuadro 11); entre granjas, el contenido de PB, PV o la proporción PV/PB no presentaron diferencias significativas ($P > .05$); antes de ensilar, el contenido de PB fue mayor ($P < .05$) que después de ensilar (11.03 vs. 10.15%); sin diferencias significativas ($P > .05$) en el contenido de PV según la condición; después de ensilar, el porcentaje de PV como parte de la PB fue mayor (32.44%) en comparación con el valor antes de ensilar (29.83%); no se encontró algún estudio similar que indicara las variaciones en el contenido de PV.

Por el bajo porcentaje de proteína en el bagazo de caña (Cuadro 8), la mezcla con menor proporción de excretas (50%), en promedio, presentó solamente 8.17 % de proteína, sin embargo, este valor fue similar al de un buen heno de gramínea con el cual bovinos u ovinos en engorda se mantienen, e incluso manifiestan algunas ganancias de peso. Para satisfacer las necesidades de producción, el ensilado con 80% de excretas fue el que presentó mayor concentración de PB (13.40%) a pesar de esto, la proporción de proteína verdadera como porcentaje de la proteína total se redujo 4% más en el nivel con 80% de excretas, sobre el nivel de 70% de excretas, que presentó una concentración similar a los otros dos tratamientos. (Cuadro 11) Debido a esto se recomienda que ambos ensilados de excretas porcinas (70 y 80%), como suplemento proteínico, se evalúen en rumiantes para determinar cual es el nivel que mejores resultados produce en la respuesta animal. En el ensilado, debido al procesamiento, hubo menor ($P < .05$) cantidad de PB y el porcentaje de PV no mostró diferencia significativa (Cuadro 11); por lo que la pérdida, muy reducida ($< 1.0\%$), fue básicamente como nitrógeno amoniacal. De acuerdo con Breirem y Ulvesli (1954), y Nilsson *et al.* (1956), citados por McCullough (32), en

un proceso de ensilaje adecuado, el contenido de nitrógeno amoniacal en % del nitrógeno total, no debe exceder del 5 al 8%. El contenido de extracto etéreo (EE) aumentó ($P < .01$) por el incremento en el porcentaje de excretas de cerdo (Cuadro 10); este efecto fue similar al que encontró Iñiguez (27) en ensilados con excretas de cerdo completas adicionadas de melaza y paja de trigo; o en ensilados con excretas de cerdo y tubérculo de yuca en distintas proporciones. El EE no fue diferente ($P > .05$); entre granjas, sin embargo, después de ensilar esta característica fue mayor (6.29%) en forma significativa ($P < .01$), con relación a la cantidad antes de ensilar (5.36%). No se ha medido que el procesamiento aumente el contenido de EE y no se encontró ningún otro informe en el que se haya obtenido este efecto; probablemente la principal explicación es la transformación de carbohidratos a ácidos grasos durante la fermentación. La fibra bruta (FB) disminuyó ($P < .01$) de 31.52% a 23.04% conforme aumentó el nivel de excretas de cerdo en las mezclas; no se presentó diferencia significativa ($P > .05$) entre granjas o entre materiales, antes y después de ensilar (Cuadro 10).

La disminución en el contenido de FB al aumentar el porcentaje de excretas porcinas en los ensilados, también fue señalada por Iñiguez (27) en ensilados con excretas y paja de trigo. En cambio, cuando se ensilaron excretas porcinas con tubérculo de yuca, la cantidad de FB aumentó al incrementarse el porcentaje de excretas.

La cantidad de fibra en los ensilados de excretas porcinas con subproductos lignocelulósicos (pajas, rastrojos, cascarillas, bagazos, etc.), es mayor a medida que se eleva el porcentaje de subproducto en las mezclas, lo anterior debe tenerse presente cuando se planea para que sistema de alimentación y producción (bovinos en crecimiento, productores de carne u ovinos en crecimiento y finalización) se vaya emplear el ensilado de excretas, ya que con un mayor porcentaje de fibra, disminuye la digestibilidad de la dieta, lo cual va a alterar la eficiencia de los indicadores de producción y los costos de alimentación.

El contenido de elementos libres de nitrógeno (ELN) no fue diferente ($P > .05$) según el porcentaje de excretas, o la condición (Cuadro 10); en cambio, se presentó diferencia significativa ($P < .01$) en ELN de granjas, en las mezclas correspondientes a Tlacotepec la concentración fue 50.02% y en las correspondientes a Xoxocotla el contenido de ELN fue 46.48%. Esta diferencia fue debida a la enorme variación en ELN de la fracción sólida de las excretas de cada granja (Cuadro 8), la cual se debe al elevado contenido de cenizas de las

excretas de la granja Xoxocotla, que junto con la mayor cantidad de PB y ligeramente mayor el contenido de FB, determinaron un descenso marcado de los ELN (Cuadro 8).

En el estudio de Iñiguez (27), al utilizar excretas de una sola granja se encontró que el contenido de ELN disminuyó al aumentar la proporción de excretas. Sin embargo, en aquel estudio la cantidad máxima de excretas utilizada fue 44%, base seca, nivel similar al 50 o 60 % de excretas, base húmeda, utilizado en la presente investigación, y se utilizó un nivel mayor de paja de trigo. En los ensilados de este estudio, se observó una tendencia similar al aumentar el porcentaje de residuos sólidos de excretas porcinas, la disminución fue menor debido al bajo nivel de bagazo utilizado en los tratamientos con 70 y 80 % de excretas.

En el contenido de cenizas, las diferencias fueron significativas ($P < .01$) en todos los conceptos, la cantidad se elevó de 6.84% con 50% de excretas a 9.44% con 80% de excretas; el valor disminuyó de 8.61% antes de ensilar a 7.80% después del procesamiento. (Cuadro 10)

Resultados similares encontraron Iñiguez (27) e Iñiguez *et al.* (28), sin embargo, la concentración de cenizas en los experimentos en que utilizaron excretas porcinas completas, fue mayor; al obtener las excretas completas directamente de los corrales.

La concentración de cenizas en esta investigación fue menor como resultado del sistema de obtención de la fracción sólida de las excretas. Después que éstas pasan un tiempo en las fosas de captación, se sedimentan, otros minerales se mantienen en dilución, por lo que cuando las excretas son bombeadas hacia el sistema de separación, una parte queda sedimentada y la otra parte vuelve a la fosa con la fracción líquida; nuevas cenizas continúan sedimentándose, por esta razón es que los lodos se llaman inorgánicos y tienen un elevado contenido de minerales (23). Además, la presencia de cenizas que se solubilizan probablemente determina la diferencia significativa ($P < .01$) entre las mezclas antes y después de ensilar. Algunos minerales en solución debieron pasar hasta el fondo de los microsilos y por esta razón, al efectuar el muestreo del material ensilado en la porción central de los microsilos, el contenido de cenizas mostró una diferencia en relación con el material inicial.

La diferencia significativa ($P < .01$) en el contenido de cenizas de las granjas, fue determinada por el contenido de cenizas en la fracción sólida de las excretas (Cuadro 8), probablemente relacionado al contenido de minerales en los alimentos de cada granja. En Xoxocotla la cantidad de cenizas en la fracción sólida de las excretas porcinas antes de ensilar fue 16.27%, en tanto

que en Tlacotepec la concentración de cenizas solamente fue 5.76%.

5.3 Composición de las paredes celulares.

La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), celulosa (CEL) y lignina (LIG), disminuyeron ($P < .01$) a medida que fue mayor el porcentaje de excretas en la mezcla (Cuadro 12). Al aumentar las excretas, el contenido de hemicelulosa (HEM) y cenizas insolubles en detergente ácido (CIFDA), no fueron diferentes ($P > .05$). Entre granjas no hubo diferencias significativas ($P > .05$) en FDN, FDA, HEM, CEL Y LIG, en cambio, las CIFDA mostraron un menor contenido ($P < .01$) en la granja Tlacotepec (3.48%), en comparación con la granja Xoxocotla (4.27%). Las fracciones de la fibra antes y después de ensilar fueron similares, solamente el contenido de FDN fue diferente ($P < .01$).

En las mezclas con 50% de excretas el contenido de FDN fue 69.19%, esta cantidad disminuyó ($P < .01$) a medida que aumentó la proporción de excretas, con 80% de excretas, la cantidad de FDN fue 62.12%. Entre granjas los promedios no fueron diferentes ($P > .05$); antes de ensilar, la concentración de FDN fue de 67.96% y disminuyó significativamente ($P < .01$) hasta 65.33%, después del ensilaje.

No se encontró ningún estudio en el que se analizara la concentración de paredes celulares y fracciones de la fibra en ensilados de excretas porcinas. En excretas completas, Hilliard *et al.* (25), indicaron una variación en el contenido de FDN entre 20 y 60 %, la FDA presentó valores desde 14 hasta 39%, las demás fracciones de la fibra mostraron una variación similar, debido a la diversidad enorme de sistemas de alimentación en las granjas. En el norte del país, Rubio *et al.* (44) señalaron un contenido de FDN de 36.59% y 27.48 % de FDA.

En general, en esta investigación se observó que el contenido real de fibra fue más del doble del resultado que arrojó el análisis proximal, además, por las razones señaladas anteriormente, se observó una variación amplia en el contenido de FDN, FDA, HEM y CEL entre granjas; el contenido de CIFDA y sobre todo la cantidad de LIG fue muy elevada en las excretas de cada granja y por consecuencia en los ensilados, por lo anterior, en la evaluación de ensilados de excretas porcinas se recomienda utilizar los análisis de Van Soest para determinar el contenido de fibra, de lo contrario se corre el riesgo grave de estimar más elevados, de lo que realmente son, la digestibilidad y el aporte de energía metabolizable de los ensilados.

El elevado contenido de CIFDA indica que una buena parte de la fracción mineral está ligada a la pared celular de los granos, en este caso sorgo, que fue la fuente principal de energía y alimentación en ambas granjas, sin embargo, hubo una diferencia significativa ($P < .05$) en las CIFDA de las granjas, mayor contenido (4.27%) en Xoxocotla, en comparación a Tlacotepec (3.48%), esto contribuyó a la diferencia en el contenido general de cenizas, y corresponden a minerales completamente indisponibles para el rumiante por su grado de lignificación, por lo que conveniente su evaluación siempre que se vaya utilizar ensilados de excretas en la alimentación animal.

5.4 Digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) y de las paredes celulares (DISFDN).

La DISMS aumentó ($P < .01$) a medida que fue mayor la cantidad de excreta en las mezclas: de 41.79% cuando la cantidad de excretas fue 50%, hasta 54.46% cuando el porcentaje de residuos sólidos de excretas porcinas fue el 80% de las mezclas (Cuadro 13). La digestibilidad aumentó conforme fue mayor el contenido de nitrógeno. Cuando en un ensilado disminuye la cantidad de FDN, aumenta el contenido celular, que presenta una digestibilidad superior al 95% (61). Iñiguez (27) en ensilados de excretas porcinas completas, melaza y paja de trigo, en ovinos, encontró una digestibilidad aparente *in vivo* de la MS, de 38.2% con 22% de excretas (base seca) y 42.5% en los ensilados con 44% de excretas (base seca). Estudios realizados en excretas porcinas completas por Tinnimit *et al.* (54); Stagonias y Pearce (51) señalaron una variación en la digestibilidad *in vivo* de la MS en rumiantes, entre 29 y 51 %.

No hubo diferencia entre granjas ($P > .05$) para la categoría DISMS, Tlacotepec presentó una DISMS de 44.59 %, y Xoxocotla de 51.33 %. El procesamiento produjo una diferencia significativa ($P < .01$) en la DISMS, antes de ensilar, la digestibilidad fue 44.74 %, después de ensilar la cantidad aumentó a 50.10 %.

La DISFDN aumentó ($P < 0.1$) de 32.82 % a 39.39 %, en las mezclas con 50 y 80 % de excretas, respectivamente; entre granjas los valores en DISFDN no fueron diferentes ($P > .05$): 34.06 % en Tlacotepec y 38.84 % en Xoxocotla; antes de ensilar la DISFDN (32.97 %), fue menor ($P < .01$), que en las mezclas ensiladas (38.77 %) Cuadro 13. El aumento en DISMS y DISFDA fue debido al aumento en PB y ácidos grasos volátiles. En el estudio que realizó Iñiguez (27) con ensilados de excretas porcinas y paja de trigo, la digestibilidad *in vivo* de la FDN disminuyó también al aumentar el porcentaje de excretas en las mezclas, sin embargo, las diferencias no

fueron significativas.

5.5 Potencial de hidrogeniones (pH).

El pH presentó valores con una diferencia significativa ($P < .01$) entre el nivel de 50% de excreta (4.09) y los otros tres niveles de excreta estudiados (4.15 a 4.18), sin diferencia estadística entre estos últimos ($P > .05$). Entre granjas, el pH (3.82) de la granja Tlacotepec, fue menor ($P < .01$), comparado con el de la granja Xoxocotla (4.47); en las mezclas ensiladas (3.94), el pH fue menor ($P < .01$) en comparación a las mezclas antes de ensilar. (4.47)

McCullough (32) en ensilados de diversos forrajes, señaló dentro de las características óptimas de los ensilados, un pH < 4.2 como el más adecuado para alcanzar la estabilización de la fermentación láctica. Iñiguez (27) en ensilados de excretas porcinas completas, con paja de trigo y melaza, en las mezclas antes de ensilar con 40 % de excretas, encontró un pH de 8.17 y este disminuyó a 7.0 en la mezcla con 80 % de excretas; después de ensilar el pH de las mezclas fue 4.41 y 5.06, respectivamente. El menor pH encontrado en las mezclas de la presente investigación fue debido, por una parte, la acidificación que presentan los residuos sólidos de excretas provenientes de las fosas de captación de las granjas Tlacotepec y Xoxocotla; por otra parte, debido a que el bagazo de caña presentó pH ácido (Cuadro 8), lo que contribuyó a una mejor fermentación.

5.6 Ácidos grasos volátiles.

La cantidad de ác. acético, propiónico y láctico aumentó significativamente ($P < .01$) conforme fue mayor la proporción de excretas de cerdo en las mezclas (Cuadro 14). Con 50% y 80% de excretas, los valores de ác. acético fueron: 27.68 y 32.75 mmol/mL; de ác. propiónico: 1.81 y 2.90 mmol/mL; de ác. butírico 1.05 y 1.31 mmol/mL; y de ác. láctico: 7.26 y 9.58 mmol/mL, respectivamente.

El contenido de ác. acético fue menor ($P < .01$) en la granja Tlacotepec comparado con la granja Xoxocotla (24.48 vs. 36.71 mmol/mL). La concentración de ác. propiónico no mostró diferencia significativa ($P > .05$) entre granjas (2.84 vs. 2.12 mmol/mL). La cantidad de ác. butírico fue mayor ($P < .01$) en Tlacotepec que en Xoxocotla (1.57 vs. 1.04 mmol/mL). El ác. láctico fue mayor ($P < .01$) en Xoxocotla que en Tlacotepec (9.79 vs. 6.80 mmol/mL). Las mezclas ensiladas

presentaron mayor cantidad de ác. acético, propiónico y láctico ($P < .05$), comparadas con las mezclas antes de ensilar. La cantidad de ác. butírico fue mayor ($p < .05$) en las mezclas antes de ensilar y disminuyó durante el ensilaje.

5.7 Contenido de macrominerales y microminerales.

La concentración de macrominerales aumentó a medida que se incrementó la cantidad de excreta en las mezclas, no obstante, las diferencias entre tratamientos sólo fueron significativas ($P < .01$) en el contenido de Ca, P, y Na (Cuadro 15). En estos tres minerales, también los valores entre las granjas fueron diferentes ($P < .01$) y el contenido de Mg y K no presentaron diferencias significativas ($P > .05$). Solamente el contenido de Ca y Mg fue diferente ($P < .05$) después del ensilaje, el resto de macrominerales no mostró variaciones significativas ($P > .05$) en el contenido, por efecto del procesamiento. El contenido de Ca entre los tratamientos con 50 y 80 % de excretas fluctuó entre 0.084 y 0.104 %, respectivamente. Comparando estos valores con las necesidades de Ca en bovinos en crecimiento-finalización (0.18 - 1.04 %) o en corderos en crecimiento-finalización (0.26 - 0.40 %), según NRC (39), se nota claramente que los aportes de calcio por los ensilados con excretas de cerdo son insuficientes para cubrir las necesidades de los animales en producción (Cuadro 17).

No se encontró información acerca del contenido de calcio en otros ensilados de excretas porcinas con esquilmos. En estudios anteriores sobre el contenido de Ca en residuos sólidos de excretas porcinas de sistemas similares a los que se utilizaron en esta investigación, estos residuos presentaron una variación en el contenido de Ca (base seca) entre 1.95 y 2.83 %. (10,22) En excretas porcinas completas, diversos investigadores indicaron un contenido de Ca entre 2.7 y 4.28 % (Cuadro 2).

Respecto al contenido de P entre los tratamientos con 50 y 80 % de excretas, la cantidad varió entre 0.056 y 0.074 %, respectivamente. La concentración de este elemento en los ensilados de excretas fue insuficiente para cubrir las necesidades de bovinos productores de carne en finalización (0.18 - 0.70 %) o de ovinos en crecimiento-finalización (0.16 - 0.38 %) (Cuadro 17) Otros estudios sobre el contenido de P en la fracción sólida de excretas porcinas, indicaron una concentración que varió entre 0.46 y 1.27 % (10, 22). En excretas porcinas completas, diversos investigadores indicaron un contenido de P entre 1.05 y 2.65 % (Cuadro 2).

El contenido de Mg presentó valores entre .054 y .064 %; la concentración de Na varió entre .082 y .09 % y la cantidad de K mostró valores entre .46 y .49 %, en los tratamientos con 50 y 80 % de excretas, respectivamente. No se encontraron otros estudios en los que se indicara la concentración de estos tres minerales en ensilados de excretas porcinas. Las excretas de cerdo completas presentaron una cantidad de Mg, Na y K muy superior a la concentración registrada en la fracción sólida (8, 30, 53). Como puede observarse en el Cuadro 17, si estos tres minerales se proporcionaran mediante el ensilado para alimentación de rumiantes, su concentración sólo sería suficiente para satisfacer las necesidades de mantenimiento de ovinos o bovinos, no obstante, en ninguno de los macrominerales la cantidad sería adecuada para cubrir las necesidades de producción.

En cuanto al contenido de microminerales en las mezclas, la concentración de Cu, Zn, Mo y Mn, aumentó ($P < .01$) a medida que se incrementó la cantidad de excretas. La cantidad de Fe en las mezclas también aumentó al ser mayor el contenido de excretas, sin embargo, por la enorme variación las diferencias no fueron significativas ($P > .05$). En el contenido de microminerales entre granjas, solamente las diferencias en Mn y Fe fueron significativas ($P < .01$). En los ensilados, la concentración de Cu y Mo fue menor ($P < .01$), probablemente por la dilución de estos minerales y su desplazamiento hacia la parte inferior de los microsilos; no se presentó diferencia significativa ($P > .05$) en Zn, Mn y Fe, por efecto del procesamiento.

La desviación estandar en el contenido de microminerales (Cuadro 16), fue mayor por el efecto de granja, probablemente por el distinto nivel de minerales que utilizan en la alimentación, que por el efecto del nivel de excreta o del procesamiento. En todos los casos la variabilidad fue grande en el contenido de Fe, Zn y Mn; además, los microminerales superaron 2 a 8 veces las necesidades de producción de ovinos o bovinos (Cuadro 17); el cobre, en una concentración que varió entre 18.46 y 33.34 ppm, rebasó los niveles tolerables (25 ppm) en la ración de ovinos, especie susceptible a la toxicidad causada por este mineral (39). No obstante, se acumula en el hígado, riñón y otros tejidos de los bovinos, por lo que también para estos animales a esos niveles, si se proporciona el ensilado de excretas como único alimento, puede representar riesgos de toxicidad (38).

El contenido de cobre y zinc en los residuos sólidos y en los ensilados de esta investigación, fue inferior a los valores indicados por otros investigadores en excretas porcinas completas (Cuadro

2) (Kornegay, Sutton, Campabadal). Esta disminución, como se mencionó anteriormente, se debe a la sedimentación y solubilización que ocurre con los minerales en las fosas de captación y durante el proceso.

Por lo anterior, cuando se utilicen ensilados de excretas porcinas en raciones de rumiantes, la concentración de minerales debe analizarse invariablemente, para que la premezcla, ya sea adquirida comercialmente o elaborada en la unidad de producción, solo complemente la cantidad adecuada de acuerdo a las necesidades específicas de los animales. Es fácil producir desbalances por efecto de las interacciones entre minerales, particularmente por el exceso de molibdeno y hierro, que fueron muy elevados en las mezclas de la presente investigación.

6. CONCLUSIONES.

Por los resultados obtenidos en esta investigación, al ensilar excretas de cerdos (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, se concluye que:

El proceso de ensilaje modificó la composición química sin deterioro del aporte nutricional. En la composición proximal se modificaron los principios nutritivos: MS, PB, EE y Cenizas; aumentó la DISMS y la DISFDN; aumentó el contenido de ácidos grasos volátiles: acético, láctico y propiónico; el ácido butírico, disminuyó. Debido al ensilaje hubo cambios en la composición mineral los cuales se presentaron probablemente por el escurrimiento.

Las excretas de cerdo con bagazo de caña y melaza, en las proporciones indicadas, producen cantidades elevadas de ácido láctico que favorecen la estabilización del ensilado.

RECOMENDACIONES.

Debido a que las concentraciones de Ca, P y Mg fueron inferiores a las necesidades requeridas para la producción de rumiantes, no se debe utilizar el ensilado de excretas porcinas como único alimento para estos animales. Si bien, puede ser el ingrediente de mayor inclusión en las dietas, estas deben balancearse de acuerdo a las necesidades de producción. Por lo cual se recomienda el ensilaje de excretas porcinas con bagazo de caña y melaza, en los porcentajes de 70 y 80 de excretas, para evaluar el comportamiento productivo (consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia) de los rumiantes alimentados con este tipo de ensilados.

7. LITERATURA CITADA.

1. A.O.A.C.: Official methods of analysis. 15 th. Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C. U.S.A. 1990.
2. Aguilar, P. C. F. y Ku, V. J. C.: Consumo, digestión y suministro de nitrógeno microbiano en ganado de carne alimentado con excreta fresca de cerdo. Rev. Vet Mex 26:231 (1995).
3. Anónimo.: Avances en nutrición y manejo de estiércol. Síntesis porcina 12(1): 38-40. (1993).
4. Anónimo.: En Holanda el problema son las excretas. Síntesis porcina 5 (7): 26-28. (1988).
5. Aranda, I. E. M.: Utilización de la caña de azúcar en el crecimiento y engorda de bovinos. Memorias del 1er Seminario Ganadero. pp.1-12 Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Campus Tabasco. Huimanguillo, Tabasco México. 1995.
6. Arndt, D. L.; Day, D. L. and Hatfield, E. E.: Processing and handling of animal excreta for refeeding. J. Anim. Sci 48: 157-162 (1979).
7. Azevedo, J. and Stout, P. R.: Farm animal manures. Manual 44. University of California, Agricultural Experiment Station. Davis California. USA. 1974.
8. Campabadal, C.: Utilización de cerdaza en el ganado de carne. Acontecer bovino 1 (3): 4-10 (1995).
9. Cañizares, V. R. O. y Casas.: El papel de las microalgas en el tratamiento terciario de aguas residuales. Cuadernos Sobre Biotecnología y Bioingeniería. CINVESTAV-IPN. México, D. F. 1991.
10. Castrejón, P. F. A.: Algunos estudios sobre el reciclaje de excretas en alimentación de bovinos. Memorias del Curso Internacional Avanzado de Nutrición de Rumiantes. Colegio de Postgraduados, Montecillo Edo. Mex. 1993. pp 79-86.
11. Denis, B. J., Bisailon, G. R., Beandet, M., Sylvestre, M. and Ishsque A. M. : Microbial degradation of malodorous substances of swine waste under aerobic conditions. Appl. Environm Microbiol 53 (1): 137-141. 1987.
12. Díaz, J., Díaz, P. C., y Elias, A.: Nota sobre el uso de ensilaje de excreta de preceba porcino y miel final enriquecidos o sin enriquecer con otros alimentos para cerdas gestantes. Rev. Cub. Cienc. Agri. 22: 169-172. (1988).

13. Díaz, J., Achan, J. y Roman, B. : Nota sobre la sustitución parcial de pienso por excreta fresca de cerdos en preceba para alimentación de cerdas gestantes. Rev. Cub. Cienc. Agri. 27: 51-54. (1993).
14. Donald, D. L. D.: Aprovechamiento de excretas animales como ingredientes para raciones alimenticias. Porciram 11 (134): 41-51. (1988).
15. Escobedo, G. C. L.: La contaminación y la defnición de tecnologías. Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, Acapulco, Gro. Mex. Oct. 1994.
16. Estrada, F.; Viant, V., González, M., y Rodríguez O.: Nota sobre algunas características químicas de los residuos fibrosos de la cosecha de la caña de azúcar. Rev. Cub. Cienc. Agric. 19: 257-259. (1985).
17. Fontenot, P. J. and Webb, E. K. Jr.: Health aspects of recycling animal wastes by feeding. J. Anim. Sci. 40 : 1267-1277, (1975).
18. García, E.: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM, México. 1988.
19. Gutiérrez, V. E. y Peña, P. F. : Adaptación de novillos alimentados con estiércol fresco de cerdo, melaza y rastrojo de maíz. Memorias del 1er. Encuentro de Investigación y Producción Animal. UMSNH, Mich. 1990.
20. Gutiérrez, V. E. y Peña, P. F.: Finalización de toretes alimentados con estiércol fresco de cerdo, melaza y rastrojo de maíz. Memorias del 1er. Encuentro de Investigación y Producción Animal UMSNH. Morelia Mich. 1990.
21. Gutiérrez, V.E. y Arenas, V.M.: La orientación del reciclaje del estiércol fresco de cerdo en la alimentación de rumiantes, hacia la producción sostenible. Memorias de la VII Reunión de Avances en Investigación Agropecuarias. Universidad de Colima, Colima México. 1994.
22. Harmon, G. B.: Harvesting nutrients from swine wastes. Department of Animal Science, University Illinois. 18, 19, 1972.
23. Harmon , G. B.: Reciclaje de las deyecciones porcinas por fermentación aerobia. Rev. Mundial de Zootecnia, FAO, Roma Italia, 1976.
24. Harris, L. E: Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de los alimentos para animales. Univ. de Florida, Gainesville, Flo. USA. 1970.

25. Hilliard, E. P. and Berat, G. R.: Utilization of pigger waste. 1. The chemical composition and *in vitro* organic matter digestibility of pig faeces from comercial piggeries in south-eastern. Austr. Agric. Environm. 4: 171-173, (1979).
26. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.: Existencia de cerdos según unidad de producción. Acontecer Porcino, Anuario. Vol. 48, 1995.
27. Iñiguez, C. G.: Fermentación de estiércol de cerdo para la obtención de un alimento para rumiantes. Tesis de doctorado. Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM. México, D. F. 1991.
28. Iñiguez, C. G., Franco G. Ma. J. y Ruiz, V.: Fermentation characteristics of integral *Cassava tuber* meal ensiled with swine waste. Biological Wastes. 28: 293-301. (1989).
29. Jordan, H., García-Trujillo R., Muñoz, E. y González, R.: El uso de la caña de azúcar y sus subproductos en la alimentación de la vaca lechera. Instituto de Ciencia Animal. Sn José de las Lajas, La Habana, Cuba. 1991.
30. Kornegay, E. Y., Holland, M. R., Webb, E. Bovard, K. P. Jr. and Hedges, J. D.: Nutrient characterization of swine fecal waste and utilization of these nutrients by swine. J. Anim. Sci. 44 : 608-619. (1977).
31. López, G. G.: Importancia del reciclaje de excretas porcinas. Acontecer Porcino. 11, (10): 5-12 (1994).
32. McCullough, M.E.: Silage - some general considerations. In: M.E. McCullough, Ed. Fermentation of silage-a review. Published: Grants-In-Aid Committee, National Feed Ingredients Association. Iowa, U.S.A. 1978 pp. 1-26.
33. Mc Donald, P.: The ensilage process. En: G. W. Buttery, R. W. Bailey eds. Biochemistry of Herbage, (1) Academic Press. New York and London. 1981.
34. Montalvo, J. S.: Alternativas en el tratamiento y disposición de los residuales porcinos en Cuba. Rev. Ingeniería Civil, La Habana Cuba 28 (2): 117-134. (1977).
35. Montalvo, J. S.: Estudio sobre la anaerobiosis de los lodos porcinos. Rev. Ingeniería Civil, La Habana Cuba. 33. (4): 367-375. (1982).
36. Montalvo, J. S.: Tratamiento biológico-químico de los residuales porcinos. Rev. Ingeniería Civil, La Habana Cuba 35,(5): 79-88. (1984).

- 37.-Ngian, M. F. and Pearce, R. G.: Utilization of piggery waste. Effects of sodium hydroxide treatment of pig faeces on chemical composition microscopic physical characteristics and *in vivo* digestibility. Agrie. Environm. 4: 181-184, (1979).
38. N. R. C.: Nutrient Requeriments of Beef cattle. 6 th (ed). National Academy Press, Washinton D. C. , U. S. A., 1988.
39. N.R.C.: Nutrient Requeriments of Sheep . 6 th (ed). National Academy Press, Washinton D. C. , U. S. A., 1985.
40. Noren, O.: Noxious gases and odors.En: Taiganides, E. P. , ed. Animal Wastes. Ed. Applied Science Publ. Ltd. London. 1977.
41. Partida, P. M. y Gutiérrez, V. E. : Finalización de toretes alimentados con estiércol fresco de cerdo (30 y 24.5%) melaza y rastrojo de malz (con y sin urea). IV Reunión sobre Nutrición Animal, Monterrey N. L. México 1992. Universidad de Morelia de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Mich. 1992.
- 42 Quirarte, L. C., Castrejón, P. F. A., Soto, C. R. y Valdéz V. L. : Utilización de pollinaza y cerdaza en la alimentación de bovinos lecheros en crecimientos en trópico seco. Memorias de la V Reunión de Avances de Investigación Agropecuaria. Universidad de Colima. Colima, México. 1992.
43. Richmond, A.: Microalgae of economic potential. In: A. Richmond (Ed.). Handbook of Microalgal Mass Cultured. CRC Press Inc. , Boca Raton, Florida. 199-243, 1986.
44. Rubio, R. V., Gutiérrez, J. L. , Ogás, L. y Arzola, C. : Evaluación nutricional de la fracción fibrosa y del nitrógeno de las excretas de diversas especies. Producción Animal en Zonas Áridas y Semiáridas. 3: 6-11. (1984).
45. Salazar, G. G.: Algunas consideraciones sobre el manejo y valor de las excretas en la alimentación animal .Memorias del XIV Congreso Panamericano en Ciencias Veterinarias. Acapulco Gro. México Oct. 1994.
46. Serrato, S. G. , Galván, A. Ma. del C. , Ochoa, S. M. , y Gutiérrez, V. :Valoración de nutrientes (proteína, fibra cruda, calcio, fósforo y energía metabolizable) del estiércol fresco de cerdo proveniente de explotaciones con alimentación comercial y formulada en granja. Ier Encuentro Universitario de Investigación Científica,

- Tecnológica y Humanística, Universidad de Morelia de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Mich., 1991.
47. Shelf, G. And Soeder, C.J.: Algae biomass production and use. Elsevier North-Holland Biomedical Press. Amsterdam, New York. Oxford. 1980.
 48. Shimada, S. A.: Engorda de ganado bovino en corrales. Consultores en Producción Animal. México, D. F. 1986.
 49. Silverio, N. H.: La utilización de la caña de azúcar y subproductos de la agroindustria en la alimentación animal. GPLACEA/PNUD. 1991.
 50. Smith, W. L., and Wheeler, E. W. : Nutritional and economic value of animal excreta. J. Anim. Sci. **48** : 144-156. (1979).
 51. Stanogias, G., and Pearce G. R.: Digestibility by cattle of diets containing dried pig faeces. Anim. Feed. Sci. Technol. **3**: 155-161 (1978).
 52. Steel, G.R. and Torriè, J.H.: Principles and procedures of statistic. A biometrical approach. 2th ed. Ed. Mc Graw-Hill, Kogakusha. LTD. U.S.A. 1980 .
 53. Sutton, A. L., Kelly, D. T. and Perry, T. W. : Performance of lambs fed diets containing whole corn plant ensiled with swine manure solids. J. Paper No. 11007. Purdue University, Agricultural Experiment Station USA. 1988.
 54. Taiganides. E. P, and White, R. K.: The menace of noxious gases in animal units. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng. St. Joseph. USA. **12** : 359-362 (1969).
 55. Taiganides, E. P.: Manejo de desechos en ganadería, métodos prácticos en la perspectiva mundial y latinoamericana. Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Acapulco Gro. Mex. Oct. 1994.
 56. Tejada, H.I.: Manual de laboratorio para análisis de ingredientes usados en alimentación animal. Ed. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México. A.C. México, D.F. 1983.
 57. Tinmit, P., McGuffey, Y. K. and Thomas, J. W.: Dried animal waste as protein supplement for sheep. J. Anim. Sci. **35**: 431-435 (1972).
 58. Underwood, E.J.: Los minerales en la alimentación del ganado. Ed. ACRIBIA, Zaragoza, España. 1969.
 59. Unión Nacional de Productores de Cerdo, A.C.: Propuesta de los Porcicultores al Coece

- (II). Síntesis Porcina 10 (3): 13-26. (1991).
60. Van Dyke, N. J., Prince, T. J. and Hill, D. T.: Digestibility and utilization of energy and protein in screened swine waste solids by gestating gilts. J. Anim. Sci. 63: 1150-1155. (1986).
61. Van Soest, P.J. and Wine, R.H.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell wall constituents. J. Assoc. Anal. Chem. 50: 50-53. (1967).
62. Vega, V. F. y Romero, S. H. L.: Daños y soluciones ecológicas en las granjas porcinas. Porcivama. 11 (131): 62-68. (1987).
63. Velázquez, J.M.O. y Gutierrez, V.E.: Alimentación de toros Bos taurus y bos indicus en desarrollo con estiércol fresco de cerdo, melaza y rastrojo de maíz. IV Reunión sobre Nutrición Animal. Universidad de Morelia de San Nicolas de Hidalgo. Morelia, Mich. 1992.
64. Vetter, R. L. and VonGlan, K. N.: Abnormal silages and silage related disease problems. In: M.E. McCullough, Ed. Fermentation of silage-a review. Published: Grants-In-Aid Committee, National Feed Ingredients Association. Iowa, U.S.A. 1978 pp. 281-332.
65. Weiner, B. A.: Silage fermentation of swine waste combined with corn. European J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 16 :39-44 (1982).
66. Woolford, M. K.: Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. Herbage Abst. 42: 105. (1972).

CUADRO 9. Características organolépticas de ensilados de excreta de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza.

Tratamiento	olor ácido	olor alcohólico	olor a excreta	color	Pr. H ²
Tlacotepec					
50-45-5 ¹	++	n	n	café rojizo	n
50-45-5	++	n	n	café rojizo	n
50-45-5	++	n	+	café rojizo	n
60-35-5	+++	n	+	café rojizo	n
60-35-5	+++	n	+	café rojizo	n
60-35-5	+++	n	+	café rojizo	n
70-25-5	n	+	++	café rojizo	n
70-25-5	n	+	++	café rojizo	n
70-25-5	n	+	++	café rojizo	n
80-15-5	n	++	+++	café rojizo	n
80-15-5	n	++	+++	café rojizo	n
80-15-5	n	+	+++	café rojizo	n
Xoxocotla					
50-45-5	+	n	+	café rojizo	n
50-45-5	+	n	+	café rojizo	n
50-45-5	+	n	+	café rojizo	n
60-35-5	++	n	++	café rojizo	n
60-35-5	++	n	++	café rojizo	n
60-35-5	++	n	++	café rojizo	n
70-25-5	+++	n	+++	café rojizo	n
70-25-5	+++	n	+++	café rojizo	n
70-25-5	+++	n	+++	café rojizo	n
80-15-5	++	n	++++	café rojizo	n
80-15-5	+++	n	++++	café rojizo	n
80-15-5	++++	n	++++	café rojizo	n

¹ Porcentajes de excretas de cerdo, bagazo y melaza de caña de azúcar, respectivamente.

(+) Ligero

(++) Moderado

(+++) Fuerte

(++++) Muy marcado

(n) Negativo

² Presencia de hongos

CUADRO 10 . Composición química proximal (BS) de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.

Concepto	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	ELN (%)	CEN (%)
Tratamiento						
50-45-5 ¹	44.38 ^a	8.17 ^c	5.06 ^c	31.52 ^a	48.40	6.84 ^c
60-35-5	43.55 ^a	9.74 ^b	5.62 ^{bc}	27.55 ^b	48.97	8.10 ^b
70-25-5	41.35 ^b	10.69 ^b	6.75 ^a	26.63 ^b	47.79	8.12 ^b
80-15-5	39.54 ^c	13.40 ^a	6.26 ^{ab}	23.04 ^c	47.84	9.44 ^a
DE ²	0.91	0.75	0.54	1.99	2.45	0.60
Granja						
Tlacotepec	42.31	9.45	5.80	28.89	50.02 ^c	5.82 ^d
Xoxocotla	42.10	11.55	6.04	25.48	46.48 ^d	10.43 ^c
DE	6.08	5.92	1.53	10.07	1.19	3.02
Condición						
antes ³	40.35 ^e	11.03 ^f	5.36 ^e	26.48	48.49	8.61 ^f
después ³	43.51 ^f	10.15 ^e	6.29 ^f	27.65	48.09	7.80 ^e
DE	0.91	0.75	0.55	1.99	2.45	0.60

BS = Sustancias

¹ Forrajes de excretas de cerdo, bagazo y melaza de caña de azúcar, respectivamente.

² Desviación estándar.

³ Antes o después de ensilar.

a, b, c, d, e, f, g: Literales distintas por columna en tratamiento, granja o condición, indican diferencia significativa (p < 0.01)

CUADRO 11. Contenido de proteína bruta y proteína verdadera (BS) en ensilados de excretas de cerdo (fracción sólida), con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.

Concepto	Proteína bruta (%) PB	Proteína verdadera (%) PV	Proporción PV/PB (%)
Tratamiento			
50-45-5 ¹	8.17 ^c	2.76 ^c	34.21 ^a
60-35-5	9.74 ^b	3.07 ^b	31.96 ^{ab}
70-25-5	10.69 ^b	3.35 ^{ab}	31.59 ^{ab}
80-15-5	13.40 ^a	3.65 ^a	27.82 ^b
D E ²	0.76	0.23	0.3
Granja			
Tlacotepec	9.45	2.96	32.00
Xoxocotla	11.55	3.45	30.79
D E	5.92	1.05	0.06
Condición			
antes ³	11.03 ^d	3.22	29.83 ^e
después ³	10.15 ^e	3.20	32.44 ^d
D E	0.76	0.23	0.03

BS Base seca

1 Porcentajes de excretas de cerdo, bagazo y melaza de caña azúcar, respectivamente.

2 Desviación estándar.

3 Antes o después de ensilar.

a, b, c- literales distintas por columna en tratamiento, indican diferencia significativa ($p < 0.01$)

d, e- literales distintas por columna en condición, indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

CUADRO 12. Contenido de paredes celulares y fracciones de fibra (BS) en excreta de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.

Concepto	FDN (%)	FDA (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	CIFDA (%)
Tratamiento						
50-45-5 ¹	69.19 ^a	48.51 ^a	20.83	33.68 ^a	13.39 ^a	3.49
60-35-5	68.85 ^a	47.02 ^a	21.83	30.57 ^b	12.53 ^{ab}	4.04
70-25-5	65.38 ^{ab}	43.79 ^b	16.51	28.03 ^b	12.56 ^{ab}	3.76
80-15-5	62.12 ^b	41.01 ^c	21.10	24.95 ^c	11.72 ^b	4.21
DE ²	3.31	1.32	4.28	2.28	1.00	0.76
Granja						
Tlacotepec	68.66 ns	48.11	19.60	31.35	13.37	3.48 ^e
Xoxocotla	64.11 ns	42.06	20.53	27.26	11.58	4.27 ^d
DE	7.96	9.49	8.06	9.62	1.82	0.64
Condición						
antes ³	67.96 ^f	45.06	19.59	29.13	12.65	4.06
después ³	65.33 ^g	45.09	20.38	29.46	12.35	3.75
DE	3.31	1.32	4.28	2.28	1.00	0.76

BS: BSDF total

1 Porcentajes, de excretas de cerdo, bagazo y melaza de caña de azúcar, respectivamente.

2 Desviación estándar.

3 Antes o después de ensilar.

a, b, c, d, e literales distintas por columnas en tratamiento o granja, indican diferencia significativa ($p < 0.01$)

f, g literales distintas por columnas en condición, indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

CUADRO 13. Digestibilidad *in situ* de la MS, de la FDN y pH de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.

Concepto	Digestibilidad de la MS (%)	Digestibilidad FDN(%)	pH
Tratamiento			
50-45-5 ¹	41.79 ^c	32.82	4.09 ^b
60-35-5	46.77 ^b	36.04	4.15 ^a
70-25-5	48.83 ^b	37.55	4.17 ^a
80-15-5	54.46 ^a	39.39	4.18 ^a
DE ²	3.28	6.08	0.042
Granja			
Tlacotepec	44.59	34.06	3.82 ^e
Xoxocotla	51.33	38.84	4.47 ^d
DE	15.77	9.88	0.068
Condición			
antes ³	44.74 ^e	32.97 ^e	4.47 ^f
después ³	50.10 ^f	38.77 ^f	3.94 ^g
DE	3.28	6.08	0.042

¹ Porcentaje de excretas de cerdos, melaza y bagazo de caña de azúcar, respectivamente.

² Desviación estándar.

³ Antes o después de ensilar.

a, b, c, d, e, f, g: literales distintas por columna en tratamiento, granja o condición, indican diferencia significativa (p < 0.01)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 14. Contenido (mmol) de ácidos grasos volátiles en excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.

Concepto	Ac. acético (A)	Ac. propiónico (P)	Ac. butírico (B)	Suma A + P + B	Ac. láctico
Tratamiento					
50 - 45 - 5 ¹	27.68 ^b	1.81 ^b	1.05	30.53 ^c	7.26 ^c
60 - 35 - 5	29.48 ^b	2.35 ^{ab}	1.63	33.46 ^b	8.06 ^b
70 - 25 - 5	32.48 ^a	2.85 ^a	1.26	36.64 ^a	8.29 ^b
80 - 15 - 5	32.75 ^a	2.90 ^a	1.31	36.91 ^a	9.58 ^a
DE ²	1.79	0.62	0.57	2.08	0.56
Granja					
Tlacotepec	24.48 ^e	2.84	1.57 ^d	28.90 ^e	6.80 ^e
Xoxocotla	36.71 ^d	2.12	1.04 ^e	39.88 ^d	9.79 ^d
DE	6.01	1.53	0.44	7.72	2.11
Condición					
Antes ³	24.20 ^g	2.13 ^g	1.66 ^f	27.99 ^g	4.21 ^g
Después ³	34.86 ^f	2.71 ^f	1.07 ^g	38.65 ^f	11.02 ^f
DE	1.79	0.62	0.57	2.08	0.56

¹ Porciones de excretas de cerdo, bagazo y melaza de caña de azúcar, respectivamente.

² Desviación estándar.

³ Antes o después de ensilar.

a, b, c, d, e- literales distintos por columna en tratamiento o granja, indican diferencia significativa (p < 0.01)

f, g- literales distintos por columna en condición, indican diferencias significativas (p < 0.05)

CUADRO 15. Contenido de macrominerales en excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.

Concepto	Ca (%)	P(%)	Mg (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)
Tratamiento					
50-45-5 ¹	0.084 ^c	0.056 ^d	540	817 ^b	4633
60-35-5	0.091 ^b	0.063 ^c	535	821 ^b	4783
70-25-5	0.096 ^b	0.066 ^b	589	851 ^{ab}	4598
80-15-5	0.104 ^a	0.074 ^a	638	897 ^a	4906
DE ²	0.003	0.001	127.5	49.7	344.2
Granja					
Tlacotepec	0.068 ^d	0.046 ^f	499	764 ^e	4647
Xoxocotla	0.120 ^e	0.083 ^e	652	929 ^d	4812
DE	0.024	0.021	165.5	111.0	512.5
Condición					
antes ³	0.091 ^e	0.065	1122 ^f	860	4588
después ³	0.096 ^f	0.065	212 ^e	837	4824
DE	0.003	0.001	127.5	49.7	344.2

¹ Tratamientos en excretas de cerdo, bagazo de caña y melaza, respectivamente.

² Desviación estándar.

³ Antes o después de ensilar.

a, b, c, d, e, f, g- literales distintas por columna en tratamiento, granja o condición, indican diferencia significativa (p <0.01)

CUADRO 16. Contenido de microminerales en excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza, antes y después de ensilar.

Concepto	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)
Tratamiento					
50-45-5 ¹	18.46 ^c	59.11 ^b	8.39 ^b	58.37 ^b	893.8
60-35-5	23.57 ^{bc}	70.60 ^{ab}	8.99 ^{ab}	72.26 ^{ba}	1257.2
70-25-5	26.67 ^b	81.40 ^{ab}	10.07 ^{ab}	85.99 ^a	1343.8
80-15-5	33.34 ^a	87.17 ^a	10.51 ^a	87.24 ^a	1250.2
DE ²	4.51	18.44	1.43	14.59	480.6
Granja					
Tlacotepec	24.55	60.56	8.16	42.90 ^c	630.9 ^c
Xoxocotla	26.46	88.58	10.81	109.03 ^d	1741.6 ^d
DE	15.87	41.84	3.24	34.90	521.9
Condición					
antes ³	30.06 ^f	69.31	14.40 ^f	77.72	1273.1
después ³	22.47 ^g	78.07	6.21 ^g	74.79	1128.4
DE	4.51	18.44	1.43	14.59	480.6

1 Porcentajes de excretas de cerdo, bagazo y melaza de caña, respectivamente.

2 Desviación estándar.

3 Antes o después de ensilar.

a, b, c, d, e, f, g. Letras distintas por columna en tratamiento, granja o condición, indican diferencia significativa ($p < 0.01$)

CUADRO 17. Comparación entre el contenido de macro y microminerales en ensilados de mezclas de excretas porcinas (fracción sólida), con bagazo y melaza de caña, y las necesidades nutricionales de ovinos y bovinos.

Mineral	Excretas con bagazo y melaza de caña		Necesidades (38)		Necesidades (39)	
	50-45-5	80-15-5	Mant. ¹	Prod. ²	Mant. ¹	Prod. ²
Ca, %	.084	- .104	.18	- 1.4	.20	- .82
P, %	.056	- .074	.18	- .73	.16	- .38
Mg, %	.054	- .063	.05	- .25	.12	- .18
Na, %	.081	- .089	.06	- .10	.09	- .18
K, %	.463	- .490	.50	- .70	.50	- .80
Fe, ppm	893	- 1250	50	- 100	30	- 50
Cu, ppm	18.4	- 33.3	4	- 10	7	- 11
Mo, ppm	8.3	- 10.5	-	- -	0.5	
Mn, ppm	58.3	- 87.2	20	- 50	20	- 40
Zn, ppm	59.1	- 87.1	20	- 40	20	- 33

1 Necesidades para mantenimiento.

2 Necesidades para producción.i