

9
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**ACIDOS GRASOS DE CADENA CORTA, MACRO Y
MICROMINERALES EN ENSILADOS DE EXCRETAS
PORCINAS (FRACCION SOLIDA) CON CAÑA DE AZUCAR
PICADA**

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

PATRICIA CABRERA MENDOZA

**ASESORES: M.V.Z. M.C. FRANCISCO A. CASTREJON PINEDA
M.V.Z. RENE ROSILES MARTINEZ
Q. MA. ANTONIETA AGUIRRE GARCIA**



MEXICO, D. F.

1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

264172



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**ACIDOS GRASOS DE CADENA CORTA, MACRO Y MICROMINERALES EN
ENSILADOS DE EXCRETAS PORCINAS (FRACCION SOLIDA) CON CAÑA DE
AZUCAR PICADA**

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

**de la
Universidad Nacional Autónoma de México
para obtener el título de
Médico Veterinario Zootecnista**

**por
Patricia Cabrera Mendoza**

Asesores:

M.V.Z. M.C. Francisco A. Castrejón Pineda

M.V.Z. Rene Rosiles Martínez

Q. Ma. Antonieta Aguirre García

México D.F. 1998

DEDICATORIA

Con todo el cariño del mundo, dedico mí trabajo de tesis a todas aquellas personas que me han apoyado siempre de una u otra forma en las diferentes circunstancias por las que atravesado en la vida.

Pero muy en especial a **MARCOS SUSANO**, por haber sido un gran amigo, aunque fue relativamente poco el tiempo que convivimos, me demostró que todo en ésta vida tiene solución, por más difícil o complicada que sea la situación y como tú decías "Hay que agarrar al toro por los cuernos", ésto que escribo ahora va principalmente dirigido a ti, porque estoy segura de que donde quiera que te encuentres lo veras y te darás cuenta de que cumplí la promesa que hice cuando me entere de tú muerte, la carrera y la tesis las hice por los dos, porque se que para ti al igual que a mí, era muy importante ser un MVZ.

A mis padres y hermanos que aunque no han creído mucho en mí, les he demostrado con hechos que puedo llegar hasta donde me lo proponga, a mí abuela paterna Guadalupe Sánchez Morales, porque muy a su maneratuvo fe y confianza en mí, a pesar de haber sido una mujer super especial y con un gran carácter, tenía un corazón muy noble. A mí abuela materna Raquel Robledo de Mendoza quien siempre ha manifestado la seguridad y confianza que me tiene. A mis mascotas: Paloma y mi tortuguita, por todo el cariño que me dieron, al Tom y Candy por el que aún me dan.

AGRADECIMIENTOS

Sobre todos los agradecimientos que yo pudiese hacer, considero que el más importante es a DIOS por haberme dejado nacer, vivir y llegar hasta aquí, gracias mil.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO** por haberme permitido realizar mis estudios tanto de bachillerato como de licenciatura en sus instalaciones, miles de gracias.

A mis asesores, por su tiempo y apoyo brindados.

A mí jurado:

MVZ Marco Herradora Lozano

MVZ Germán Borbolla Sosa

MVZ Antonio Díaz Cruz

MVZ Luis Corona Gochi

MVZ Rene Rosiles Martínez

A los mejores amigos :Adriana Ríos, Adriana Najera,Ricardo Prado,Adrián,Marcos,David,Laura,Idalia,Claudía,Cossette,Lily,Aracelí,Alicia,Paty,Edgar,Daniel,Rosario,Alejandra,Roberto,Roberto Gómez, Hilda,Vero,Mireya,Agustín,Yadira y Beto; aunque no son todos pero han sido de gran relevancia en mí vida.

A Fer por todo el cariño, apoyo y comprensión que me ha brindado y sobre todo por su amistad.

A todos mis profesores, por compartir conmigo sus conocimientos y haber sabido descifrar mis jeroglíficos y en ocasiones por soportar mí mal genio.

A todos los que de una u otra forma contribuyeron a la realización de éste trabajo: Rene Rosiles Martínez, Janitzio, Ma. Antonieta Aguirre,Pedro Ochoa,Silvia Bountix, Humberto Troncoso.

CONTENIDO

	página
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCION.....	2
2. Revisión literaria.....	6
2.1 Importancia de las excretas porcinas.....	6
2.2 Manejo de las excretas.....	7
2.3 El ensilaje de las excretas como alternativa de manejo.....	10
2.4 Calidad nutricional de las excretas como alternativa de manejo.....	12
2.5 Calidad nutricional de otros ensilados de excretas porcinas.....	13
Justificación.....	15
Hipótesis.....	16
Objetivos.....	16
3.MATERIAL Y METODOS.....	17
Ubicación de la granja.....	17
Lugar donde se realizó la investigación.....	17
Descripción del diseño experimental y los tratamientos.....	18
Metodología utilizada durante el ensilaje y la toma de muestras.....	18
Preparación de la muestra para cromatografía de gases y determinación de los ácidos grasos de cadena corta.....	19
Procedimiento para la determinación de macro y microminerales.....	20

Análisis estadístico.....	21
4. RESULTADOS.....	22
5. DISCUSION.....	25
Materia seca.....	25
Determinación del pH.....	26
Acidos grasos de cadena corta.....	28
Acido acético.....	28
Acido propiónico.....	29
Acido butírico.....	29
Acido láctico.....	30
Macrominerales.....	31
Calcio.....	32
Fósforo.....	32
Magnesio.....	33
Sodio.....	34
Potasio.....	35
Microminerales.....	36
Manganeso.....	36
Molibdeno.....	37
Zinc.....	37
Cobre.....	38
Hierro.....	39

Cromo.....	39
Plomo.....	40
6. CONCLUSIONES.....	41
LITERATURA CITADA.....	43
CUADROS	
Cuadro 1. Producción de excretas porcinas por etapa productiva.....	7
Cuadro 2. Composición bromatológica de las excretas porcinas.....	13
Cuadro 3. Caracterización nutricional de ensilados de excretas porcinas con diferentes subproductos agrícolas.....	14
Cuadro 4. Cambios en el pH y materia seca en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada.....	48
Cuadro 5. Evaluación estadística del contenido (%) de ácidos grasos en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada.....	49
Cuadro 6. Evaluación estadística del contenido de macrominerales en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada.....	50
Cuadro 7. Evaluación estadística del contenido de microminerales (ppm) en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada.....	51

RESUMEN

CABRERA MENDOZA PATRICIA. Acidos grasos de cadena corta, macro y microminerales en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada. Bajo la asesoría de (M.V.Z. M.C. Francisco A. Castrejón Pineda, M.V.Z. Rene Rosiles Martínez, Q. Ma. Antonieta Aguirre García).

Con la finalidad de evaluar las modificaciones provocadas por el proceso y tiempo de ensilaje, al contenido de materia seca, pH, ácido acético, propiónico, butírico y láctico, macro y microminerales, en ensilados de sólidos de excretas porcinas. Se elaboraron microsilos con una capacidad de 2.5 kg, usándose un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, para dos proporciones de excretas en base húmeda (60 y 70%) con caña de azúcar picada (40 y 30%), y para cuatro tiempos de ensilaje (0,30,45 y 60 días), constituyendo así un total de ocho tratamientos con cinco repeticiones de cada uno. Para la toma de las muestras donde se realizaron los análisis se consideró la parte central de cada silo (200 gr). Tanto en las mezclas antes de ensilar como ya ensiladas se determinaron las variables mencionadas. El contenido de materia seca permaneció sin modificación ($P>0.05$) en todos los tratamientos. El pH de los ensilados a los 30 días fue significativamente más ácido ($P<0.05$), en comparación a las mezclas antes de ensilar; posteriormente no se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$). La acidez fue condicionada por la presencia de los ácidos grasos; el tiempo fue altamente significativo ($p<0.01$) para que se presentaran las diferentes concentraciones de ácido acético, butírico y láctico, aumentando éste último paulatinamente. Lo anterior indica un predominio de la fermentación láctica en los ensilados, proporcionando estabilidad a los mismos y siendo a la vez mínima la cantidad de ácido butírico encontrada, mientras que la relación proporción de excretas-tiempo resultó ser altamente significativa ($p<0.01$), encontrándose la cantidad registrada de ácidos dentro de los límites establecidos para ensilados de excretas. El tiempo también fue altamente significativo ($p<0.01$), en el caso del P, Na, Cr y Mo, puesto que hubo fluctuaciones en las concentraciones evaluadas en los diferentes tratamientos, éstos cambios de concentración sólo se pueden explicar por la dilución y sedimentación de los minerales probablemente hacia la parte inferior de los microsilos al transcurrir el tiempo. En cambio para la concentración del Na resultó ser significativa la relación proporción de excretas-tiempo y para el Cr sólo significativa la proporción de excretas ($p>0.05$); y altamente significativa ($p<0.01$) para el Mg, K y Mn. El Co no se detectó, mientras que el Pb se encontró en cantidades pequeñas que estadísticamente carecen de significancia. Antes de proporcionar éste tipo de ensilados al ganado se debe tener en cuenta que el P, Mn, Zn y Fe se encuentran por arriba de las necesidades del ganado tanto ovino, vacuno y caprino y en algunos casos el porcino. Sin embargo el Mg, Cu, Na y K se encontraron por abajo de las necesidades tanto de producción como de mantenimiento de los animales. Estos señalamientos son con el fin de evitar desbalances en la nutrición mineral.

ACIDOS GRASOS DE CADENA CORTA, MACRO Y MICROMINERALES EN ENSILADOS DE EXCRETAS PORCINAS (FRACCION SOLIDA) CON CAÑA DE AZUCAR PICADA

1. INTRODUCCION.

Uno de los principales problemas de las granjas porcinas es la eliminación de desechos(1). Entre ellos las excretas son las que se producen en mayor cantidad constituyendo un grave peligro para la ecología, pues manejadas erróneamente resultan ser altamente contaminantes(1,2,3,4,5,6,7). Una medida muy utilizada anteriormente consistía en arrojar las excretas en lagos y lagunas aledañas a las granjas, lo cual trajo como consecuencia la oxidación de la materia orgánica de los desechos provocando que gran parte del oxígeno presente en el agua se consumiera, eliminando paulatinamente la vida presente en éstas aguas(8,9,10).

Actualmente y debido a su elevado contenido de materia orgánica, excretas tales como pollinaza, gallinaza y cerdaza, se han tratado de aprovechar como fuentes de energía a través de la producción del biogas (metano), que se genera en fosas de biofermentación; o como fertilizantes y regeneradoras de cierto tipos de suelos bajos en fertilidad, debido a su elevado contenido de materia orgánica(11,12). Sin embargo, una de las principales desventajas que presentan estos procesos de transformación es la inversión elevada necesaria para obtener cualquiera de estos productos finales lo cual a limitado su adopción como parte del sistema de producción de las granjas. Esto significa, que un enorme porcentaje de explotaciones porcinas continua tratando de solucionar el problema de la eliminación adecuada de excretas. Cuando algunas granjas porcinas utilizan la incineración como medida sanitaria, liberan grandes cantidades de gases nocivos como amoniaco, metano, gas carbónico y pequeñas cantidades de ácido sulfhídrico a la atmósfera, causando serios problemas de contaminación (10). Estos mismos gases se liberan lentamente a la atmósfera cuando las excretas se vierten directamente en el suelo. Por otro lado, la acumulación excesiva de sólidos sobre una pequeña superficie, fenómeno que se presenta en los estercoleros y lagunas de fermentación, ante la

presencia de lluvia y otras aguas residuales, produce infiltraciones de nitratos, nitritos y fosfatos entre otros minerales, que al llegar a los mantos acuíferos destruyen los procesos naturales de desintegración(13). Al paso del tiempo, se va dando la formación de algas que impiden el paso de la radiación UV, conociéndose como Eutroficación, naturalmente éste fenómeno se presenta con el paso de millones de años, siendo un claro ejemplo de como el hombre ha acelerado la presentación de cambios evolutivos con su falta de responsabilidad hacia el medio ambiente(14,15,16,4). Además las excretas porcinas se caracterizan por despedir malos olores, lo cual contribuye a la proliferación de moscas y otros insectos que participan en diversos problemas de salud(17,18), favoreciendo además la migración de ciertas especies de aves e insectos que integran el nicho ecológico predominante en la zona(3,7).

La marcada contaminación de suelo, agua y aire principalmente en las regiones aledañas a explotaciones intensivas en las cuales se hacían miles de animales han motivado a investigadores especializados en la nutrición animal, a estudiar diversas formas de utilización de las excretas animales dentro de las raciones de las especies domésticas(19). En bovinos, en los últimos 10 años, se ha probado la inclusión de excretas frescas de cerdo(27) o ensiladas con algunos otros subproductos agrícolas como la soya de desecho, el rastrojo de maíz, entre otras pajas(11,20,14,21,16,22,23,9,10), o ensiladas con melaza de caña. Estas investigaciones han comprobado que el proceso de ensilaje cambia de manera significativa la concentración de carbohidratos solubles presentes en las mezclas, llevándose a cabo la fermentación láctica que altera en forma mínima las características organolépticas de los ingredientes involucrados y los demás principios nutritivos, favoreciendo con ello un cambio en el sabor y olor de las excretas, los cuales no persisten como en las excretas frescas, haciendolos más apetecibles para el ganado(12,9).

Uno de los principios del proceso de ensilaje, es evitar que se pierdan los nutrimentos contenidos en los ingredientes, mediante la

transformación de una pequeña parte de los carbohidratos solubles (aproximadamente un 8%), en ácidos grasos de cadena corta, principalmente ácido láctico que favorece el consumo y posterior digestión del producto final(24). Cabe mencionar que dentro de cualquier proceso fermentativo se da la producción de otros ácidos grasos de cadena corta tales como acético, butírico y propiónico, además de otras sustancias como alcoholes (principalmente metanol) y diversas aminas que se producen en ensilados de leguminosas(24). Una fermentación eminentemente butírica, disminuye el consumo, por tal motivo, siempre que se pretende evaluar la calidad de un ensilado, se debe analizar el contenido de ácidos grasos de cadena corta y las modificaciones del pH(25,19). Investigaciones con ensilados de maíz señalan que la cantidad de ácido láctico considerada como óptima para la estabilización del proceso y que no disminuye el consumo, se encuentra entre 1.5 y 2.5%(26). La elevada transformación de carbohidratos solubles en ácido butírico es inadecuada y cantidades mayores a 0.1% son indicativas de un ensilado de mala calidad(26). La fermentación butírica se debe a la actividad de bacilos que se encargan de destruir el azúcar o el ácido láctico; para lo cual requieren temperaturas elevadas y completa anaerobiosis(2,23,9,10). La fermentación alcohólica también se considera inadecuada en cualquier tipo de ensilado. En los ensilados de excretas en particular, ésta fermentación suele presentarse cuando los productos a ensilar tienen una humedad superior al 70%, así como por condiciones de anaerobiosis incompleta, que generalmente obscurecen mucho el color de este tipo de ensilados; por lo cual los animales no los consumen trayendo como consecuencia una reducción en su rendimiento(24). La fermentación acética consiste en el cambio de alcohol en ácido acético y agua, requiriendo temperaturas entre los 20 y 30 °C, así como en presencia de humedad y aire en el ambiente; por esta razón, debe ocurrir exclusivamente durante las primeras etapas del proceso, de modo que su cantidad no rebase el 0.41% en el producto final(24), pues la calidad de éste es inferior a la de otro en donde predomine la fermentación láctica (26).

El ácido láctico producido durante el proceso de ensilaje actúa como un poderoso antiséptico para algunos de los microorganismos patógenos no esporulados presentes en las excretas y demás subproductos antes del proceso(24). En pequeñas cantidades, éste ácido es favorable para los procesos del aparato digestivo de los animales, principalmente rumiantes, los cuales a través de la microflora pueden aprovecharlo eficientemente(19). Además que otros microorganismos ruminales aprovechan eficientemente el nitrógeno no proteico que se encuentra en elevadas cantidades en los ensilados de excretas (entre 40 y 60%), transformándolo en proteína microbiana, la cual se considera como una fuente de aminoácidos de mediana a buena calidad en el intestino delgado del rumiante(19).

De acuerdo a lo anterior, los ensilados de excretas pueden ser una alternativa de gran importancia en la alimentación de rumiantes, que por su tipo de digestión, aprovechan de manera significativa los principales productos de la fermentación láctica que se presenta en éste tipo de ensilados(11,27,12), siempre y cuando no ocurran alteraciones en el proceso que deterioren su calidad.

Además de otros nutrimentos, en las heces se eliminan las cantidades excedentes de minerales que los animales reciben en su dieta(12). Existe poca investigación referente al contenido de minerales en ensilados de excretas(20). Algunos de éstos estudios indican que existe una variación muy amplia en la concentración de tales nutrimentos, debida entre otros factores, a la fuente y cantidad de minerales que se proporcionan a los cerdos en su dieta(19). Por lo que, cuando se incluyen las excretas en la dieta de los rumiantes en forma directa o a través de ensilados se debe realizar un análisis periódico del contenido mineral que está disponible en las mismas(27,15,13,28). Lo anterior con la finalidad de no causar un desequilibrio mineral por deficiencia, las investigaciones realizadas en ensilados de excretas indican que las cantidades de minerales como el Ca principalmente se encuentran por debajo de los requerimientos animales(19), o toxicidad

debido a la cantidad adicional de algún mineral que es proporcionada por el ensilado de excretas. Esto indica que éste ingrediente debe de balancearse siempre con la premezcla mineral de las dietas(24).

Algunos subproductos que han sido adicionados a los ensilados de excretas tales como el rastrojo de maíz, la caña de azúcar picada, favorecen la acidificación del medio contribuyendo en cierto grado a la presentación de niveles más elevados de ácidos grasos de cadena corta, principalmente del ácido láctico; sin embargo, en cuanto al contenido mineral no se ha encontrado que influya dentro del mismo(29,19).

La melaza utilizada para favorecer la fermentación de éste tipo de ensilados incrementa la cantidad de algunos minerales(19). Existen varios tipos de miel incristalizable o melaza, sin embargo, la más utilizada en México es la melaza de caña de azúcar que se caracteriza por su riqueza en potasio (2.38%), magnesio y azufre (0.35%), sodio (0.16%), hierro (200 ppm), cobre (59.6 ppm) y manganeso (42.2 ppm) (19).

2. REVISION LITERARIA.

2.1 IMPORTANCIA DE LAS EXCRETAS PORCINAS

La cantidad de excretas producidas en las granjas porcinas (Cuadro 1), representan un serio problema para la eliminación de ésta materia orgánica, principalmente en explotaciones donde el número de animales presentes es muy elevado como en las granjas con varios sitios de producción.

CUADRO 1. PRODUCCION DE EXCRETAS PORCINAS POR ETAPA PRODUCTIVA

ETAPA	PESO VIVO KG	HECES Y ORINA KG/DIA	MATERIA SECA/KG
DESTETE	15	1.0	0.09
CRECIMIENTO	30	1.8	0.16
FINALIZACION	70	4.3	0.39
	90	5.7	0.51
HEMBRAS GEST.	130	4.2	0.38
HEM. Y CAMADA	170	15.1	1.36
VERRACOS	160	5.3	0.48

(10)

Cada etapa productiva genera cierta cantidad de deyecciones (las cuales están integradas por heces y orina), lo cual dificulta su posterior manipulación. El manejo que se les da depende en gran parte del sistema colector de excretas con que cuenta la granja(1,3,10). Se puede estimar que en promedio un cerdo elimina al día alrededor de 5.3 kg de excretas, de las cuales sólo 480 g son material sólido, por lo tanto sólo se tiene un 9.05% de sólidos totales/kg de excretas producido y un 90.95% de humedad(30,31,10,32).

2.2 MANEJO DE LAS EXCRETAS

En México al igual que en otros países donde se tienen granjas dedicadas a la cría de porcinos, se han ideado diferentes sistemas de manejo de excretas para así tratar de reducir la contaminación ambiental ocasionada por éstas y al mismo tiempo obtener un beneficio de las mismas, dándoles alguna utilidad(1,12,14,15,33,10).

Las principales técnicas de manejo que se dan a las deyecciones porcinas son las siguientes:

*SISTEMA DE LAGUNAS AEROBIAS

VENTAJAS:-Util en condiciones climáticas desfavorables.

-Bajo costo inicial.

-Fácil operación y mantenimiento.

DESVENTAJAS:-Util sólo para altos volúmenes de carga orgánica.

- Elevada demanda de oxígeno.
- Disminución de nutrientes al estabilizarlos.

***SISTEMA DE LAGUNAS ANAEROBICAS**

VENTAJAS:-Hay eliminación de materia orgánica por sedimentación y degradación.

- Actúa como unidad biológica controladora.
- Mantiene el pH de 7 que es adecuado para la depuración.

DESVENTAJAS:-El efluente resultante requiere de tratamientos biológicos y aeróbicos posteriores.

- La degradación de los residuales es parcial y sufren gasificación.

***SISTEMA DE TRES ETAPAS (Anaerobio-Facultativo-Aeróbio)**

VENTAJAS:-Reducción de las áreas de tratamiento.

- Disminución de lodos fecales.
- Los efluentes resultantes muestran alta calidad para el riego.

DESVENTAJAS:-Equipo muy costoso.

- Mucha capacitación.
- Elevada producción de gas metano.

El producto sólido resultante es utilizado en la alimentación animal, como fertilizante y relleno sanitario(15,34), el líquido en la mayoría de los casos suele ser altamente contaminante(30,13,31).

***DESHIDRATACION AL SOL**

VENTAJAS:-Fácil incorporación del material seco en dietas.

- Los gastos en energía son mínimos.
- Util en zonas áridas y semiáridas.
- Poco manejo.

DESVENTAJAS:-Elevada contaminación ambiental con sulfuro de hidrógeno (31,19).

- Pérdidas de nitrógeno en un 35-40%(20).
- El material resultante muestra alta concentración de patógenos(14).

***SECADO CON AIRE CALIENTE**

- VENTAJAS:**-Buena aceptación por el animal.
- Se eliminan patógenos por las elevadas temperaturas.
 - Las heces son desodorizadas.

DESVENTAJAS:-Elevada pérdida de nutrientes(14).

-Altos costos por concepto de equipo y mantenimiento del mismo.

-Procedimiento muy costoso(20).

***BIODIGESTORES ANAEROBIOS**

VENTAJAS:-Producción de gas metano.

-Producción de ácidos grasos volátiles.

-Se obtienen 300 l de gas metano/kg de materia sólida.

-Los lodos tienen utilidad en el sector agropecuario.

DESVENTAJAS:-Producción considerable de bióxido de carbono.

-Elevados costos de inversión total(12).

***FOSAS DE OXIDACION**

VENTAJAS:-Los sólidos resultantes tienen buena aceptación por el animal.

-Utilización del N no proteico por rumiantes y no rumiantes en la forma de proteína unicelular.

-Control de patógenos específicos.

-Control de olores.

-Muy útil cuando se tienen pisos de rejilla(14).

DESVENTAJAS:-Mucha capacitación.

-Monitoreo constante(14).

***COMPOSTA**

VENTAJAS:-Los sólidos resultantes tienen buena aceptación por el animal.

-Control de patógenos.

-Es muy simple.

-Hay deodorización del material.

-Permite el almacenaje de los sólidos.

DESVENTAJAS:-Elevado costo.

-Gran pérdida de nutrientes(31).

***TRATAMIENTO QUIMICO**

VENTAJAS:-Los sólidos resultantes tienen buena aceptación por el animal.

-Reducción de pérdida de nutrientes por su rápida utilización.

-No requiere almacenaje.

-Es un proceso económicamente accesible.

-Se aprovechan sólidos y líquidos.

DESVENTAJAS:-Manejo diario(33).

-Requiere mecanización(34).

-La adquisición de productos químicos encarece el proceso(10).

***SEPARACION DE SOLIDOS Y LIQUIDOS**

VENTAJAS:-Los sólidos resultantes tienen buena aceptación por el animal.

-No requiere de mucha capacitación.

DESVENTAJAS:-Pérdida de nutrientes en el líquido.

-Elevado costo inicial y de mantenimiento.

-Pérdidas elevadas de ácido acético en el líquido.

Todos los procesos anteriormente mencionados facilitan la posterior utilización de las excretas, tanto en raciones para bovinos, ovinos y cerdos; así como su uso en la fertilización, arrojando excelentes resultados en cultivos de arroz y soya proporcionándoles fósforo y potasio principalmente(35,36,37).

2.3 EL ENSILAJE DE EXCRETAS COMO ALTERNATIVA DE MANEJO

Recientemente se ha empezado a considerar al proceso de ensilaje como una alternativa para mejorar el aprovechamiento de la excreta porcina. Utilizando éste proceso, dicho ingrediente, aporta minerales, proteína y en menor cantidad energía, a las raciones de los animales(12).

Como se mencionó con anterioridad el ensilar las excretas favorece su ingestión, principalmente si presentan características organolépticas (olor ácido-dulce), pH y humedad, adecuados. La cantidad de humedad, recomendada en el ensilado de excretas es aproximadamente del 70%, como ocurre en otro tipo de ensilados como el de maíz(24). Con estas características algunos autores señalan que la inclusión adecuada de ensilado de excretas porcinas en la dieta, debe ser tal que el porcentaje de humedad en la ración se encuentre entre 10-12%, para asegurar su aceptación por el ganado(27). Un porcentaje de humedad más elevado generará calor y por consecuencia crecimiento de hongos y fermentaciones indeseables(24). Para disminuir éste problema, las excretas generalmente, deben de ser mezcladas antes de ensilarlas con subproductos agrícolas(12) como la soya de desecho, rastrojo de maíz, yuca y bagazo o punta de caña de azúcar, ya sean molidos o picados; adicionando o no con melaza, para favorecer la fermentación

láctica(24,25,38). Al utilizar éste tipo de ensilados con subproductos, se debe evaluar si realmente abaten de manera significativa los costos por concepto de alimentación, que generalmente representan entre el 60-80% de los costos totales de la empresa pecuaria(39,22).

Durante el proceso de ensilaje se debe llevar un control adecuado de las fermentaciones que se presentan en el ensilado, para garantizar el éxito del producto final ya que pueden desarrollarse varias de éstas reacciones de las cuales la más importante y que es parte de la presente investigación, es la fermentación Láctica. Esta es generada por bacterias principalmente del género *Lactobacillus*, que se encargan de transformar los carbohidratos solubles en ác. láctico, bajo un ambiente de completa anaerobiosis y a temperaturas entre los 35-50°C(24). Este ácido conserva la materia orgánica al destruir los agentes nocivos que provocan la fermentación butírica(24); tiene también efectos antisépticos de primer orden en rumiantes(24) al actuar sobre organismos patógenos no esporulados que se pudieran encontrar en el rumen(25).

Un buen ensilado requiere compactar bien los ingredientes ya sea con palas u aplanadora, para garantizar la anaerobiosis requerida en la conservación de los nutrientes y elementos originales contenidos al inicio del proceso(12). Se han reportado pérdidas en el contenido de proteína a temperaturas mayores o inferiores a los 25°C(12,24,38). Su elaboración se puede realizar en silos tipo bunker o trinchera, de mampostería recubierta con cemento o cualquier otro material impermeable, o bien dentro de bolsas de plástico en el campo, cuando no se cuenta con las instalaciones adecuadas, lo que se conoce como plastisilo(27,24). Algunos investigadores han comprobado que el proceso cambia de manera significativa la concentración de carbohidratos solubles presentes en las mezclas, llevándose a cabo la fermentación láctica que altera en forma mínima las características organolépticas de los ingredientes involucrados, favoreciendo con ello que se de un cambio en el sabor y olor de las excretas frescas, lo cual las hace más apetecibles para el ganado(12,9). La literatura recomienda utilizar sólo

cierta cantidad de ensilado de excretas que se debe proporcionar al ganado productor de carne, la cual oscila entre 40-60% de la ración obteniéndose ganancias de peso de hasta 100 g diarios, los rendimientos en canal han fluctuado entre los 57.5 y 58.75%, obteniendo un mayor marmoleo(27).

2.4 CALIDAD NUTRICIONAL DE LAS EXCRETAS PORCINAS

Antes de utilizar la cerdaza como ingrediente de cualquier ración, se debe realizar su análisis bromatológico para determinar su contenido nutricional(27,19).

Las excretas porcinas son usadas como fertilizantes cuando ya han sido procesadas, y frescas se utilizan como productoras de energía al generar gas metano en los biodigestores(16). Durante los últimos 40 años se ha estado estudiando la posibilidad de integrarlas a las dietas de los rumiantes principalmente por la capacidad que tienen ellos para aprovechar las elevadas cantidades de N no proteico contenido en las excretas, a través de su microflora ruminal(27,16,10,7).

De acuerdo a la etapa productiva (Cuadro 1) las excretas porcinas se producen en promedio entre el 0.06 y 0.08% del peso vivo (materia seca), con un contenido de materia seca entre 9 y 50%/kg de heces frescas, entre lactación y animales en finalización o reproductores hembras y sementales, respectivamente(32). Debido a éste alto contenido de humedad, las excretas frescas necesitan ser procesadas antes de ser incluidas en la ración(12). Sin embargo, se han realizado trabajos de investigación en los cuales se han proporcionado las excretas frescas al ganado bovino(27). En dichos estudios se han obtenido resultados medianamente favorables, pues el olor de éste subproducto disminuye el consumo de las mismas por el animal(9).

La composición de la fracción sólida de las excretas porcinas (Cuadro 2) varía de acuerdo a la etapa de crecimiento del animal, la disponibilidad de la dieta, los ingredientes utilizados en ella y el manejo de éste subproducto desde su deposición hasta el muestreo. En

general, éste material contiene entre 5-30% de energía bruta, la cual proviene directamente del alimento ingerido por el cerdo(12). Se considera que la excreta porcina es rica en fibra cruda y paredes celulares, pues se han reportado cantidades considerables de FDN (fibra detergente neutro) y FAD (fibra detergente ácida), además de mostrar un alto contenido de cenizas(33,19).

CUADRO 2. COMPOSICION BROMATOLOGICA DE LAS EXCRETAS PORCINAS.

COMPONENTE	EXCRETA PORCINA	SOLA	(fracción sólida)
MS %	28.50 c	23.20 e	
PC %	24.23 c,e		
FC %	15% d		
EE %	20.00 e		
FDN %	44.46 c		
FAD %	25.30 c		
LIGNINA %	4.30 c	10.0 e	
SILICE %	7.70 c		
CELULOSA %	12.83 c		
HEMICELULOSA %	19.53 c		
CA %	4.83 c	5.70 a	3.20 b
P %	1.50 c	2.13 f	
MG %	0.80 c	0.16 b	
NA %	0.40 c	0.37 a	
K %	0.83 c	0.67 e	
MN ppm	219.60 c		

a) 67, b) 20, c) 39, d) 14, e) 33, f) 4.

2.5 CALIDAD NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE EXCRETAS PORCINAS

Investigaciones realizadas para determinar la caracterización nutricional en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) combinadas con subproductos agrícolas tales como tubérculo de yuca o con caña molida ya sea sola o combinada con melaza, o con miel, han arrojado interesantes resultados que se resúmen en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. CARACTERIZACION NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE EXCRETAS PORCINAS CON DIFERENTES SUBPRODUCTOS AGRICOLAS

ELEMENTO	EXCRETA CON MIEL FINAL	EXCRETA CON CAÑA MOLIDA Y MELAZA	EXCRETA CON TUBÉRCULO DE YUCA	EXCRETA CON CAÑA MOLIDA
PC%		10.15b	8.60c	13.29d
FC%		26.48b	7.90c	
CENIZAS%		7.80b	6.00c	
EE%		6.29b	2.70c	
ELN%		48.09b	74.80c	
AGVs %		36.65mmol b	2.40c	3.75d
AC LACTICO%		11.02mmol b	6.60c	7.62d
Ca%	1.62-4.28a	5.094b		
P%	0.49-1.16a	0.065b		
K%	1-2.6a	475.2ppm b		
Mg%	0.08-0.64a	575.5ppm b		
Na%	0.26-0.45a	864.5ppm b		
Pemg/kg	445a	118.53ppm b		
Znmg/kg	509a	74.60ppm b		
Mnmg/kg	117a	75.94ppm b		
Cu mg/kg	455-1600a	25.51ppm b		
Mo ppm		9.47b		

a)15, b)19, c)9, d)29.

En base a los datos expresados en el cuadro anterior, es obvio que la cantidad de cada uno de los nutrientes varia dependiendo de factores tales como: la etapa productiva de los animales a los cuales pertenecen las excretas, pues el contenido mineral es más elevado en cerdos de engorda(33); al tipo de alimentación que se esta proporcionando, y a los suplementos alimenticios que se están dando para complementar la dieta(10).

Además, ésta variación también se debe al sistema colector de excretas con que cuente la granja, existiendo informes(40), donde se indica que en las granjas donde se tienen rejillas puede elevarse la

cantidad de hierro al oxidarse el material de las mismas(40). Cuando se utiliza la separación de sólidos y líquidos, la concentración de cenizas de Ca, P, Mg, Na, Fe, Mn y Cd obtenidas por centrifugación de sólidos, suelen ser mayores en comparación a las procesadas en sólidos, pues el contenido mineral presente en los sólidos es similar al contenido de los alimentos difíciles de digerir y que contribuyen a los movimientos peristálticos como lo son las hierbas y leguminosas, pero resultan elevados en concentrados de granos y remolacha de azúcar(40,33).

JUSTIFICACION.

El ensilaje de la fracción sólida de excretas porcinas y su utilización en la alimentación animal, puede ser una alternativa para reducir en cierto grado la contaminación del ambiente, sin embargo, es necesario ampliar la información existente sobre la composición nutricional de éste tipo de ensilado, ya que en función a su aporte nutricional será la proporción en la cual se va a incluir en una ración. En México, existen pocos estudios que muestren la composición de ensilados de excretas porcinas; algunos de ellos contienen cantidades variables de pajas y otros subproductos. Sin embargo no hay ningún estudio que se haya realizado con la fracción sólida de excretas porcinas mezcladas con caña de azúcar picada. Algunos resultados cuando estos residuos se mezclaron con bagazo de caña en diferente proporción y melaza en una cantidad fija, mostraron una enorme variación según el nivel de excretas y la granja de donde provinieron los residuos(19). Además, en muy pocos de éstos estudios se ha evaluado el contenido de ácidos grasos de cadena corta, macro y micro minerales, y los cambios que ocurren durante el proceso de ensilaje. Por tal motivo se realizó la presente investigación utilizando mezclas de excretas porcinas (fracción sólida) y diferente proporción de caña de azúcar picada, con la finalidad de determinar, antes y después de ensilar, variables tales como el contenido de materia seca, pH, contenido de ácidos grasos de cadena corta, macro y micro minerales, mismas que definen su calidad y facilitan la información acerca de su aporte nutricional, cuando éste tipo de ensilados se quiere emplear en las raciones.

La razón por la cual se decidió utilizar directamente la caña de azúcar picada y no la melaza, es que en algunas regiones los ingenios azucareros, en los últimos años, restringieron la venta de este subproducto al público, por lo tanto, disminuyó mucho su disponibilidad para ser utilizada en la alimentación animal(*) .

HIPOTESIS:

El proceso del ensilaje altera el contenido mineral y la proporción de ácidos grasos de cadena corta de diferentes mezclas de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada.

OBJETIVOS:

Determinar en ensilados con la fracción sólida de excretas porcinas y distintas proporciones de caña de azúcar picada lo siguiente:

- pH y contenido de materia seca.
- La concentración de calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, hierro, cromo y cobalto.
- La cantidad de ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico, butírico y ácido láctico).
- Los cambios ocurridos en la composición mineral y en los ácidos grasos, al transcurrir diferentes períodos posteriores al ensilaje.

(*) Comunicación personal.

3. MATERIAL Y METODOS

UBICACION DE LA GRANJA

La granja porcina de Xoxocotla se encuentra ubicada en el Edo. de Morelos, en el municipio de Puente de Ixtla, el cual se encuentra geográficamente entre los paralelos 18°36' de latitud norte y los 99°17' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 906 msnm cuenta con una superficie de 299,172 km²; de los cuales 6975 has están dedicadas al uso agrícola y 3864 has para uso pecuario, las cuales a su vez se dividen en base a la tenencia de la tierra 14,731 has son propiedad ejidal 14 has son de propiedad comunal y 1059 has son propiedad particular. Limita al norte con Miacatlan y Xochitepec; al sur con el Edo. de Guerrero, al este con Zacatepec y Jojutla; al noreste con Tlaltizapán, al sureste con Tlaquiltenango, al oeste con Amacuzac y Mazatepec.

El municipio de Puente de Ixtla tiene un clima semiseco y cálido, con una época de invierno poco definida; mostrando sequías a finales de otoño, invierno y principios de primavera, registrándose una temperatura media anual de 25°C, con una precipitación pluvial de 930 mm anuales por lluvias que se presentan en los meses de mayo y septiembre. La localidad de Xoxocotla orográficamente es considerada un lomerío(41).

LUGAR DONDE SE REALIZO LA INVESTIGACION

El presente estudio se realizó en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. en la sección de análisis especiales. La excreta porcina se obtuvo de la granja porcina de Xoxocotla la cual se describe en la sección correspondiente. Únicamente se utilizó la fracción sólida de las heces de toda la granja, misma que se obtuvo de la recicladora de excretas del sistema Lisco, que se caracteriza por la separación de sólidos y líquidos de las excretas porcinas a través de una rampa con perforaciones, que permiten el escurrimiento de la parte líquida contenida en las excretas, misma que es vertida nuevamente a la fosa contenedora para su posterior recirculación. Los sólidos son depositados directamente en el suelo(19). Se tomaron al azar muestras

representativas de aproximadamente 20 kg, las cuales fueron mezcladas con la caña de azúcar picada. Esta se obtuvo del poblado de Tehuixtla ubicado en el mismo estado.

DESCRIPCION DEL DISEÑO EXPERIMENTAL Y LOS TRATAMIENTOS

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial: dos proporciones de excretas (en base húmeda, 60 y 70%) que se mezclaron con la parte proporcional de caña de azúcar picada; y cuatro tiempos de ensilaje (0, 30, 45, 60 días), haciendo un total de 8 tratamientos con 5 repeticiones cada uno.

METODOLOGIA UTILIZADA DURANTE EL ENSILAJE Y LA TOMA DE MUESTRAS

Después de mezclar los ingredientes se tomaron las muestras del día cero y se mantuvieron en congelación para su análisis posterior. El resto del material mezclado de acuerdo a su tratamiento correspondiente, fue colocado y compactado en microsilos de plástico de aproximadamente 2.5 kg de peso; realizando la compactación manualmente con envases de vidrio. Los microsilos se llenaron y compactaron, cerrando herméticamente los recipientes; se hizo vacío al final del proceso a través de un tapón de hule que se insertó en la tapa de los microsilos. Una vez concluida dicha operación se procedió a sellar con silicón para que quedarán herméticamente cerrados, creando un ambiente de casi completa anaerobiosis. Al término de los períodos de ensilaje (30, 45 y 60 días), se abrieron los silos e inmediatamente se tomó una muestra de aproximadamente 200 g de la parte central de cada uno, y se realizó la determinación de pH con el uso del potenciómetro siguiendo la técnica descrita por Tejada(38) y otro tanto para la determinación de materia seca (MS). El resto del material ensilado se colocó en bolsas de plástico perfectamente identificadas y cerradas, manteniéndolas en congelación hasta su análisis posterior.

PREPARACION DE LA MUESTRA PARA CROMATOGRAFIA DE GASES Y DETERMINACION DE LOS ACIDOS GRASOS DE CADENA CORTA

Se analizó el contenido de ácidos grasos volátiles por la técnica de cromatografía de gases descrita por Tejada(38), modificada de acuerdo al Laboratorio de Análisis Especiales del Depto. de Nutrición Animal y Bioquímica. Esta modificación consistió en utilizar sólo 25 g de la muestra, los cuales fueron pesados en una balanza granataria una vez que habían sido colocados en frascos nuevos de plástico, con una capacidad para 500 g, se les agregaron 50 ml de agua bidestilada. Cabe resaltar que durante el proceso de pesaje de la muestra, ésta permaneció fría para evitar la volatilización de los ácidos grasos. Se mezclaron bien con el envase cerrado y se congelaron las muestras por un período de 3 días aproximadamente, después de los cuales se procedió a descongelar las muestras, se filtró el sobrenadante en tubos para centrifuga con capacidad de 10 ml, se centrifugó a 1500rpm/10mn aproximadamente, se obtuvieron 5 ml del sobrenadante por pipeteo y se colocaron en frascos de plástico con tapón de rosca a los cuales previamente se había agregado 1 ml de ác. Metafosfórico al 25%, una vez procesadas todas las muestras fueron inyectadas en el cromatógrafo de gases(42,43,44,45,28,46,40,47).

La técnica de cromatografía de gases tiene como principio general: La separación mediante un sistema dinámico constituido por una fase móvil y una estacionaria. Esta última consiste en el paso de pequeñas partículas de sólido por una superficie microporo, donde se dan los fenómenos de absorción y desabsorción, por la cual pasa un paquete dentro de una columna cubierta por una envoltura de plata, éstas partículas son envueltas por un agente químico inerte(46,48), que puede ser un sólido o líquido no retenible, que se encarga de modificar las propiedades de la superficie y transportarlas durante la fase móvil, que esta integrada por la mezcla a resolver y un gas portador, que llevará los componentes de la mezcla una vez realizada la separación por desplazamiento, misma que se realiza en el tiempo que transcurre a partir de que se introduce en la columna, pasando una

corriente de gas saturado de vapor fuertemente retenible, en la fase estacionaria, la cual a su paso ira sustituyendo los componentes retenidos con más fuerza, se debe procurar mantener siempre constante el gas portador; hasta que emergen de ésta los componentes de la misma, que van saliendo en orden inverso a su retención (28,46,47,49,50,51,52).

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE MACRO Y MICROMINERALES

Para las determinaciones de macro y microminerales, una pequeña cantidad tanto de la mezcla inicial como de los ensilados se secó y molió para obtener un gramo de cada una de las muestras, mismo que fue incinerado y procesado para la obtención de las soluciones madres que fueron hechas por duplicado, aforándose una a 50 ml y otra a 100 ml. A partir de las soluciones aforadas a 100 ml se realizaron las determinaciones del calcio por el método volumétrico y del fósforo por el método colorimétrico como se indica en la literatura(38).

La determinación de sodio y potasio se realizó por flamometría. El magnesio, zinc, manganeso, hierro, cobre, cromo y cobalto se determinaron en las soluciones aforadas a 50 ml, por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica(8,53), cuyo principio se basa en el paso de la radiación externa que emite una línea espectral que corresponde a la energía requerida para la transmisión de un gran estado de excitación a través de la flama. La capa de átomos no excitados de absorción radiación de origen externo, misma que corresponde a la energía requerida para la transmisión del elemento en cuestión, por un estado electrónico de elevada excitabilidad. La radiación pasa por un monocromador que aísla la excitación espectral origen de la luz, dentro del detector, ésta depende del estado de población mismo que es proporcional a la concentración de la solución en spray dentro de la flama, finalmente la absorción es medida por la diferencia en transmisión que señala la presencia o ausencia del elemento en cuestión(8,28,54).

Análisis estadístico.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza para el diseño experimental anteriormente mencionado, cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey. Cabe mencionar que en las variables en que las cantidades se expresaron en porcentaje, se realizó la transformación empleando la raíz cuadrada del arcoseno, para que los resultados cumplieran con el requisito de ajustarse a una distribución normal (55).

4. RESULTADOS

-Los cambios en el pH de los ensilados de caña de azúcar y excreta porcina se presentan en el (Cuadro 4). El grado de acidez entre las materias primas utilizadas para el presente estudio fue marcadamente diferente, presentando la caña de azúcar una mayor acidez, comparada con la excreta porcina (3.90 vs 5.20, respectivamente). Conforme el tiempo de ensilaje se incrementaba la acidez de la mezcla aumentaba ($p < 0.05$) sin importar la proporción de excreta porcina/caña de azúcar picada. Cuando la proporción de excreta porcina disminuía, el potencial de iones de hidrógeno aumentaba ($p > 0.05$).

-En el (Cuadro 4) también se observa el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de materia seca. Antes de ser ensilada, la materia seca de la caña de azúcar picada (32.12%), fue 7% mayor a la de la excreta porcina (29.92%), sesenta días después de ensilado, el porcentaje de materia seca de la mezcla 60/40 (31.33%), fue superior ($p > 0.05$) en un 3%. Dicho aumento fue ligeramente mayor ($p > 0.05$) cuando la proporción de excreta paso de 60 a 70 %.

-Los ácidos acético, propiónico, butírico y láctico analizados en la presente investigación mostraron diferencias no significativas ($p > 0.05$) por el efecto de la proporción de excreta porcina/caña de azúcar picada que fue utilizada; sólo el ácido láctico mostró una concentración mayor cuando la mezcla tenía un 70% de excretas porcinas (2.586%), con respecto a la mezcla de la proporción 60% de excretas porcinas (2.404%), careciendo de significancia. (Cuadro 5). Sin embargo por el efecto tiempo, el ácido acético mostró un incremento de concentración ($p < 0.05$) conforme transcurrían los días de ensilaje, puesto que entre los 0 (0.195%) y 60 (0.413%) días, el aumento en la concentración fue de 0.218%. El ácido propiónico tuvo un comportamiento similar, en cuanto a tiempo puesto que entre el tiempo 0 (0.079%) y el día 60 (0.081%), el crecimiento es de 2% ($p < 0.05$), mientras que el ácido butírico, antes del ensilaje, presentó una concentración de 0.046% y disminuyó ($P < 0.01$) a los 30 y 45 días de ensilaje (0.037 y 0.036%, respectivamente), posteriormente volvió a presentar una elevación

(0.040%) sin diferencia significativa ($P > 0.05$) con los otros dos tiempos de ensilaje. El ácido láctico tuvo en promedio un incremento de 1.384%, bastante significativo ($p < 0.05$) en cada uno de los diferentes periodos de ensilaje manejados.

-En cuanto al contenido de Macrominerales (Cuadro 6). El Ca (3.047%), Na (823.9 ppm) y Mg (926.1 ppm), presentaron una concentración mayor cuando se utilizó un 70% de excretas porcinas, P tuvo un comportamiento similar, aunque fue muy ligero el incremento de concentración entre una y otra proporción manejada ($p > 0.05$), (60% de excretas porcinas 1.077% y 70% de excretas porcinas 1.061%). El Ca manifestó un comportamiento variable ($p < 0.05$) durante el tiempo de ensilaje (0 días 2.694%, 30 días 3.208%, 45 días 2.482% y 60 días 3.322%), el P tuvo una concentración promedio de 1.054% durante todo el proceso de ensilaje, observándose únicamente un incremento ($p < 0.05$) a los 30 días de ensilaje hasta 1.113%. El Mg presentó ligeros incrementos paulatinos, sin llegar a ser significativos ($p > 0.05$), durante los diferentes tiempos de ensilaje (tiempo 0 841.5 ppm, 30 días 810.0 ppm, 45 días 907.2 ppm y 60 días 927.2 ppm). El Na tuvo una serie de altibajos en las concentraciones registradas durante el proceso de ensilaje ($p < 0.05$), registrando inicialmente una concentración de 864.3 ppm, la cual descendió a los 30 y 45 días, llegando a una concentración promedio de 599.6 ppm, elevándose nuevamente a los 60 días de ensilaje a 997.0 ppm ($p < 0.05$). El K tuvo un leve incremento ($p > 0.05$) entre los 0 (1943.3 ppm) y 60 días (2187.7 ppm) de 11.18%, (Cuadro 6).

-En lo referente a Microminerales (Cuadro 7). El Mn (44.69 ppm), Mo (230.90 ppm), Cr (5.52 ppm), Fe (417.90 ppm) y el Cu (13.39 ppm) tuvieron mayores concentraciones ($p < 0.05$), cuando la proporción de excretas involucrada fue de 70%, el Mn (48.67 ppm), Mo (235.90 ppm), Cr (9.69 ppm), Fe (521.30 ppm) y Cu (15.56 ppm). En tanto que en el caso del Pb (60% de excretas porcinas 0.048 ppm vs 70 % de excretas porcinas 0.067 ppm) y Zn (60% de excretas porcinas 158.70 ppm vs 70% de excretas porcinas 184.60 ppm), ésta no influyó significativamente ($p > 0.05$), en la concentración encontrada. En minerales como Pb, Fe y Cu, el período de ensilaje no actuó directamente, en las concentraciones obtenidas de

dichos elementos ($p>0.05$), puesto que a los 0 días tuvieron concentraciones de Pb (0.050 ppm), Fe (437.70 ppm) y Cu (13.55 ppm), en tanto que a los 60 días fueron de Pb (0.065 ppm), Fe 499 ppm) y Cu (15.08 ppm) mientras que Mn, Cr y Zn presentaron un incremento progresivo en sus concentraciones ($p<0.05$), que en el caso del Mn fue en promedio de 2.32 ppm, en el Cr de 3.49 ppm, en promedio y en el Zn de 45.90 ppm en promedio, conforme transcurría el tiempo. Por el contrario, los niveles de el Mo sufrieron variaciones significativas ($p<0.05$), con el tiempo del ensilaje, (0 días 253.30 ppm, 30 días 224.80 ppm, 45 días 207.60 ppm y a los 60 días 249.10 ppm).

5. DISCUSION.

Materia seca.

Los resultados de la presente investigación mostraron que el contenido de materia seca permaneció sin modificación ($P>0.05$) debida al proceso de ensilaje o a la proporción de excretas cuando estas representaron del 60 al 70% del ensilado (Cuadro 4). Un efecto similar obtuvieron Iñiguez(9) y Toledo(19) en experimentos previos en los cuales ensilaron residuos sólidos de excretas porcinas con diferentes subproductos tales como rastrojo de maíz-melaza o bagazo de caña y melaza. Obteniendose mejores resultados con mezclas que contenían 30 a 40% de materia seca. Puesto que cuando la materia seca fue superior a 60% en éste tipo de ensilados, se dificultó el proceso y disminuyó la producción total de ácidos grasos. Por el contrario cuando el contenido de materia seca fue inferior a 28% se presentaron fermentaciones indeseables en ensilados con excretas porcinas y diferentes proporciones de yuca(9).

Distintos tiempos de ensilaje no produjeron modificación ($P>0.05$) del contenido de materia seca (Cuadro 4). No obstante, la cantidad de materia seca de los ensilados con 60-70% de sólidos de excretas porcinas mezcladas con caña de azúcar picada respectivamente, fue menor a la encontrada en ensilados hechos a base de sólidos de excretas y bagazo de caña-melaza (39.54-44.38% de materia seca, respectivamente). La materia seca de éste tipo de ensilados fue determinada por la materia seca de los subproductos que participaron en su elaboración y presentó modificaciones mínimas debidas al proceso. Ciertos autores señalan que(19,25,28) cuando el contenido de humedad de las excretas o de la fracción sólida que compone las excretas, es muy elevado, para favorecer el ensilaje y la conservación adecuada de los nutrimentos, se deben seleccionar subproductos, tales como salvados o pajas y rastrojos, los cuales contrarrestan el contenido de humedad de las excretas. Esto se basa al tomar en cuenta que la materia seca de éstas varía grandemente debido a la cantidad de agua que se utiliza para su eliminación en las granjas, y su composición química, la cual es una función de la composición y digestibilidad de los alimentos empleados

en las raciones. Por esta razón, cuando se utilicen éstos ensilados en las raciones de los animales, para obtener mayor productividad, siempre debe considerarse su variación en la cantidad de materia seca, determinada principalmente por los sólidos de excretas porcinas, muy variables en materia seca en función de los factores mencionados y la humedad atmosférica que predomina en el ambiente.

Determinación del pH.

El pH de las mezclas con 60 y 70% de sólidos de excretas porcinas fue similar ($P > 0.05$) antes de ensilar, y se acidificó significativamente ($P < 0.01$) en todos los tratamientos a partir de los 30 días de ensilaje (Cuadro 4). Antes de ensilar, se presentó un valor ligeramente menos ácido 4.96, en las mezclas con 70% de excretas, en comparación a las mezclas con 60%, cuyo valor de pH fue 4.84. Seguramente, el pH que presentaron éste tipo de mezclas antes de ensilar fue el resultado del pH de sus componentes, ya que la fracción sólida de excretas porcinas utilizada en las mezclas presentó en promedio un pH ácido de 5.2 y la caña de azúcar aún más ácido 3.9. Estos valores causaron la acidificación de las mezclas originales e influyeron sobre el pH ácido que presentaron los ensilados, desde los 30 días de ensilaje y hasta el final de la investigación. Esto último se confirma en comparaciones hechas con otras investigaciones. Por ejemplo, en ensilados con diferentes mezclas de excretas porcinas y yuca, Iñiguez et al(9). Observaron que el pH inicial de los subproductos que compusieron las mezclas entre 6.32 y 6.58, (menos ácido que el pH inicial de la presente investigación), y a los 42 días de ensilaje, los valores de pH descendieron hasta 4.15 y 4.93 (menos ácidos que los ensilados de la presente investigación, entre 3.51 y 3.63). En otro experimento, Toledo(19) analizó ensilados de excretas porcinas (fracción sólida), mismos que presentaron pH entre 3.85 y 5.44 (poco más ácidos que los de la presente investigación), mezclados con bagazo de caña que presentó pH de 4.03 (menos ácido que la caña de azúcar picada), y señalaron que el pH de las muestras antes de ensilar fue de 4.47, ligeramente más ácidos que los de la presente

investigación difirió significativamente ($P < 0.01$) de los valores 30 días después de ensilar 3.94. En la presente investigación, el pH de los ensilados fue más ácido, lo que permite concluir que en la acidificación de éste tipo de ensilados, intervienen otros factores, principalmente el nivel de carbohidratos solubles que contienen las mezclas, los cambios en la temperatura y los microorganismos presentes durante el ensilaje, contribuyendo en la estabilización de los ensilados.

Como se mencionó anteriormente, el pH de los ensilados a los 30 días fue significativamente más ácido ($P < 0.05$), en comparación a las mezclas antes de ensilar, posteriormente no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) debidas al mayor tiempo de ensilaje o a la proporción de excretas en el ensilado. Por tanto, el principal efecto sobre los materiales fue la fermentación que ocurrió durante el ensilaje, originada por las cantidades significativas de ácidos grasos de cadena corta ($P < 0.05$), mismos que acidificaron bastante el medio hasta alcanzar la estabilización. Estos resultados, fueron similares a los que Toledo(19) registró en ensilados de sólidos de excretas porcinas en una proporción similar pero combinados con bagazo de caña y melaza. Por otro lado, en ensilados de maíz, con base en un nivel adecuado de ácidos grasos de cadena corta (principalmente ácido láctico), Mc Cullogh(26) señala como pH óptimo aquel que se sitúa entre 3.9 y 4.3. Los ensilados de la presente investigación fueron más ácidos (valores entre 3.51 y 3.63). Esto fue conveniente, ya que un pH ácido destruye la mayoría de los microorganismos patógenos(36), sin embargo, la acidez que presentan estos ensilados debe tomarse en cuenta cuando se van a utilizar en las raciones de otros animales domésticos, principalmente los rumiantes, ya que su inclusión en dietas ricas en granos u otros subproductos ácidos, puede predisponerlos a acidosis ruminal clínica o subclínica, con la consecuente baja en la producción.

Acidos grasos de cadena corta.

La producción de ácidos grasos de cadena corta (Cuadro 5) mostró que la interacción proporción de excretas porcinas:tiempo fue significativa ($P < 0.01$) tanto para la concentración de ácido propiónico como para la de ácido láctico, denotando que al aumentar la proporción de excretas y el tiempo de ensilaje, éstos ácidos aumentaron significativamente su concentración a través del tiempo. Lo anterior fue más notorio en el ácido láctico. Al analizar por separado el efecto de la proporción entre 60 y 70% de excretas, en ambos ácidos grasos, la diferencia no fue significativa ($P > 0.05$). Sobre la concentración de ácido acético y ácido butírico no hubo efecto significativo de la interacción proporción:tiempo ($P > 0.05$), sin embargo se presentaron, algunos cambios significativos de acuerdo al tiempo de ensilaje o al tratamiento, los cuales son analizados por separado haciendo la comparación de las cantidades producidas de ácidos grasos de cadena corta de éstos ensilados, con relación a otros ensilados elaborados con excretas de cerdo y diferentes subproductos.

Acido acético. El ácido acético fue mayor ($P < 0.01$) a los 30 días de ensilaje (0.36%), en comparación con la concentración de las mezclas antes de ensilar (0.195%). Las cantidades de los 45 días (0.418%) y 60 días (0.413%), también fueron mayores ($P < 0.01$) a la concentración inicial (Cuadro 5). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los 30 y 60 días de ensilaje ($P > 0.05$). La mayor cantidad de ácido acético en éstos ensilados, comparada a la cantidad de ácido propiónico y ácido butírico, fue similar a la que encontraron Toledo(19) en ensilados de sólidos de excretas porcinas (50-80%) con bagazo de caña de azúcar y melaza, en cantidades proporcionales (30.60 mmol). Mc Cullogh (26), en ensilados de planta de maíz picada, indicó que cuando un ensilado presenta mayor cantidad de ácido acético que de ácido butírico, sin que ninguno de ellos rebase la cantidad de ácido láctico, revela que ocurrió la transformación adecuada de los carbohidratos solubles en las primeras fases de la fermentación láctica y esa

transformación sucede durante los primeros 3-5 días de ensilaje. Flores(24) menciona que cantidades menores a 1.5% de ácido acético son óptimas para considerar a un ensilado de excretas como de buena calidad, mientras que en ensilados de maíz se habla de un 0.41% como permisible. Por lo anterior, en la presente investigación no se realizó la medición de carbohidratos solubles, ya que los silos fueron destapados después de 30 días de ensilaje. Como se comentó, los ensilados se encontraron en fase de estabilización, sin embargo, para confirmar si los procesos son exactamente iguales en ensilados con sólidos de excretas porcinas y caña de azúcar picada, a los ocurridos en ensilados de planta de maíz, se sugiere hacer la medición de los cambios en la concentración de carbohidratos solubles desde el principio del proceso.

Acido propiónico. Como puede observarse en el Cuadro 5, la concentración de éste ácido fue menor ($P < 0.05$) a los 30 días (0.067%) en comparación a los 60 días de ensilaje (0.073%), sin embargo, no existió diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el día 0 (antes de ensilar) y los 45 y 60 días de ensilaje. Debe recordarse que se encontró una interacción significativa ($P < 0.01$) en la proporción:tiempo por lo que no debe dársele mucha explicación a los factores aislados. No obstante, la menor cantidad de éste ácido en relación a la concentración de ácido acético y ácido láctico, fue similar a la relación que encontró Toledo(19) de 2.48 mmol, en ensilados de sólidos de excretas porcinas con bagazo de caña y melaza.

Acido butírico. Este ácido, antes del ensilaje, presentó una concentración de 0.046% y disminuyó ($P < 0.01$) a los 30 y 45 días de ensilaje, posteriormente volvió a presentar una elevación sin diferencia significativa ($P > 0.05$) con los otros dos tiempos de ensilaje. Esta elevación es importante ya que en caso de transcurrir mucho tiempo de ensilaje, el material podría mostrar una elevación mayor en la cantidad de ácido butírico. De acuerdo con Mc Cullogh(26) una concentración mayor a 0.1% de ácido butírico, en el caso de

ensilados de maíz, hace que se les considere de mala calidad, mientras que Flores habla de cantidades menores a 0.5% en ensilados de excretas(24) ya que disminuye el consumo por parte de los rumiantes. Con base en lo anterior los ensilados analizados en esta investigación, muestran cantidades por abajo del límite citado lo cual indica que son de buena calidad, por lo tanto, pueden ser utilizados como alimento para rumiantes y cerdos principalmente. Otros estudios realizados en ensilados con sólidos de excretas porcinas y bagazo de caña-melaza, indican concentraciones bajas de sólo 1.31 mmol(19). Sin embargo, esa tendencia hacia la elevación de la concentración al transcurrir más tiempo debe investigarse.

Acido láctico. Como ocurrió con los ácidos grasos de cadena corta anteriores, éste ácido no presentó una concentración diferente ($p>0.05$) debida a la proporción de excreta, en cambio, aumentó significativamente ($P<0.01$) en todos los tiempos de ensilaje (Cuadro 5): Desde 0.045% correspondiente al día 0 (antes de ensilar) las concentraciones aumentaron hasta 4.153% que se registró a los 60 días de ensilaje. Estas cantidades fueron inferiores a las que obtuvieron con ensilados de excretas porcinas y distintas proporciones de yuca(9), concentraciones entre 6.12% y 8.08%. Al respecto, una cantidad adecuada de ácido láctico en ensilados de maíz considerados de buena calidades de 0.89%(26). En ensilados de excretas de cerdo con bagazo de caña y melaza se reportaron cantidades de 8.30 mmol(19).

Lo anterior indica que en éste tipo de ensilados puede predominar la fermentación láctica, lo cual ratifica la buena calidad de éste tipo de ensilados, deseable por la estabilización que proporciona a los demás nutrimentos del ensilado, por sus características antisépticas y porque le confiere un olor y sabor que les agrada a los rumiantes, por tanto puede favorecer el consumo y su posterior transformación a carne, leche o lana.

Macrominerales.

Las concentraciones minerales halladas en ensilados elaborados con la fracción sólida de excretas porcinas y caña de azúcar picada (Cuadro 6), revelaron que éste tipo de ensilados contienen una cantidad elevada de los principales macroelementos: Ca, P, Mg, importantes desde el punto de vista de su presencia y las funciones en que participan, en el organismo animal.

El contenido de Ca, P, Mg y Na, presentaron una diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) en la interacción proporción:tiempo (Cuadro 6), sumamente difícil de explicar ya que al parecer el principal factor que determinó éste efecto fue el tiempo, de modo que en los distintos tiempos de ensilaje las cantidades de Ca, P y Na, presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) más acentuadas en los tratamientos donde se usó 70% de excretas, sin embargo, en un sistema cerrado como es un microsilo en el cual una vez cerrado no hay forma como se pueda incrementar el contenido de minerales. Lo anterior fue el resultado de diferentes factores entre los que sobresalen una característica heterogeneidad en la composición química de los ingredientes que integraron los microsilos, cierto grado de error en el mezclado al momento de elaborarlos y principalmente a un proceso de sedimentación o lavado que se presenta dentro de los microsilos al transcurrir el tiempo, de manera que los minerales más solubles probablemente se desplazaron hacia el fondo de los recipientes. Por lo tanto, se debe ser bastante cuidadoso al elaborar éste tipo de ensilados; de lo contrario no se logrará una composición homogénea y tal condición repercutirá en una disminución de la productividad.

Las variaciones en las concentraciones de cada elemento en particular, se comparan con los valores obtenidos en otras investigaciones, a fin de establecer un promedio o un intervalo dentro del cual se puede encontrar la concentración de cada mineral, analizar hasta que punto se eleva su cantidad, pudiendo representar problemas de

desbalance o toxicidad, si éste tipo de ensilados se utilizan en la alimentación animal.

Calcio. Los valores de los diferentes tratamientos mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en relación a la proporción de excreta incluida en la mezcla. En los ensilados con 70% de excretas la concentración promedio fue de 3.05%, cantidad superior al contenido de Ca de la mayoría de los forrajes incluida la caña de azúcar picada y la mayoría de subproductos agroindustriales(56); en los ensilados con 60% de excretas ésta cantidad disminuyó a 2.80%. El Ca es un mineral que es eliminado principalmente por heces y orina, probablemente esta contribución y algún desprendimiento de cal que se produce por el lavado de los corrales, incrementaron la concentración del mineral presente en estos ensilados(57). En ensilados con excretas de cerdo de otra granja de preceba con miel final(56), obtuvieron concentraciones que variaron entre 1.62 y 4.28%, similares a las de la presente investigación. De todos éstos resultados se desprende que en las excretas porcinas y en los ensilados que las contienen, existe una variación muy grande en el contenido de éste mineral, por esta razón, antes de utilizar el ensilado como ingrediente de cualquier ración, se debe determinar su composición a fin de no causar un desbalance mineral, teniendo presente que el Ca interactúa con otros minerales y su concentración elevada puede interferir sobre la absorción y metabolismo de minerales como el fósforo, zinc, magnesio y el manganeso, principalmente, por ser considerado el principal mineral limitante, dentro de la ración(58,57).

La concentración de Ca en éstos ensilados superó ampliamente las necesidades que cerdos (0.6-0.9%), bovinos (0.24-0.70%), ovinos y caprinos (0.21-0.52%) mostraron en diferentes etapas de producción (59,60,61).

Fósforo. La concentración de éste elemento registró un efecto significativo de la interacción proporción:tiempo ($P < 0.05$), por las razones explicadas anteriormente (Cuadro 6); los ensilados con 70% de

excretas mostraron una concentración ligeramente menor 1.061% y no significativa ($P>0.05$), comparada con el tratamiento con 60% de excretas 1.077%, sin embargo, dichas cantidades fueron superiores a las aportadas por los forrajes y una buena parte de subproductos, exceptuando los de origen animal (suero de leche, harina de pescado, harina de carne, pollinaza), los provenientes del trigo (salvado) y algunas pastas de oleaginosas descascarilladas, como las de algodón y girasol, con cantidades entre 1.2 y 4.2%(56,57). En comparación con los resultados encontrados por Toledo(19), los resultados hallados en la presente investigación son 200% mayores, debiéndose posiblemente a un aumento en la inclusión de éste mineral en las raciones entre uno y otro estudio.

La concentración de fósforo de estos ensilados superó ampliamente las necesidades que cerdos (0.5-0.6%), bovinos (0.31-0.50%), ovinos y caprinos (0.16-0.37%) mostraron en diferentes etapas de producción (57,59,60,61). Aunque el exceso no suele ser tóxico, pudiese llegar a causar desbalances en los minerales que se encuentran estrechamente relacionados con él como: Ca, Mg, Mn y el K(62).

Magnesio. Este mineral presentó mayor ($P<0.01$) concentración a medida que aumentó la proporción de excreta (Cuadro 6). Los valores promedio (817.2 ppm) con 60% de sólidos de excretas porcinas y con 70% (926.1 ppm), fueron inferiores al contenido de Mg de la mayor cantidad de alimentos utilizados en la alimentación de cerdos, entre 2000 ppm registradas en los granos de cereal como el sorgo y 11300 ppm aportadas por la harina de carne con 50% de hueso. Los valores de Mg en éstos ensilados fueron inferiores a la concentración de Mg que diversos investigadores(27,63) indicaron en la composición mineral de excretas porcinas completas. La concentración de Mg en los ensilados de la presente investigación fue ligeramente mayor a la que encontraron Toledo(19) en ensilados de sólidos de excretas porcinas con bagazo de caña y melaza, en las mismas proporciones de sólidos de excretas. Lo anterior indica que probablemente una parte importante de Mg se

encuentra en la parte líquida que es separada de los sólidos en el sistema, sin embargo, éste último requiere de comprobación.

Al comparar la concentración de Mg de los ensilados con las necesidades de los rumiantes, se encontró que en la mayor parte de las etapas de producción, tanto en bovinos como en ovinos y caprinos, no fueron suficientes para satisfacer sus necesidades, las cuales se encuentran entre 1000 y 2500 ppm(56).

Sodio. Al aumentar la proporción de sólidos de excretas porcinas en los ensilados aumentó ligeramente la concentración de Na, de 706.2 ppm en los ensilados con 60% de excretas a 823.9 ppm en aquellos que contenían 70% de excretas (Cuadro 6). Sin embargo, éstas diferencias no fueron significativas ($P > 0.05$). Las enormes variaciones registradas según el tratamiento y los distintos tiempos de ensilaje, altamente significativas ($P < 0.01$) en ambos casos, pueden atribuirse a los factores de modificación indicados anteriormente, principalmente dilución y sedimentación de éste mineral en el fondo de los microsilos, ya que es un elemento altamente soluble. Estas cantidades fueron similares a las que Toledo(19) obtuvo en ensilados de sólidos de excretas porcinas y bagazo de caña y melaza, sin embargo, fueron inferiores a las 3500-4500 ppm que Campabadal(27) indicó en excretas de cerdo completas. Lo anterior permite inferir que también en el caso de Na, debido a su solubilidad, la mayor cantidad probablemente se encuentra en las aguas residuales. Siendo un aspecto de suma importancia que debe analizarse sobre todo en aquellos lugares que utilizan tales aguas residuales para riego de sus terrenos de cultivo, ya que pueden, a la larga, disminuir la fertilidad del suelo por acumulación de éste mineral.

Las necesidades de Na en dietas para cerdos se indican como requerimientos de NaCl y son del orden de 3500 ppm en todas las etapas productivas de los cerdos. En ovinos y caprinos las necesidades de NaCl se sitúan entre 900 y 1800 ppm; en bovinos productores de leche las necesidades de Na según la etapa reproductiva, fluctúan entre 1000 y

1800 ppm en el caso del ganado en producción; las necesidades de Na en bovinos productores de carne se marcan en un intervalo entre 600 y 1000 ppm, indicándose niveles máximos tolerables de 100,000 ppm para éste tipo de animales. Son realmente pocos los riesgos de toxicidad por cantidades elevadas del mineral en rumiantes, no obstante, en cerdos se considera como tóxicos niveles de 1.5% en agua(57).

Potasio. La concentración de K disminuyó ($P < 0.05$) al aumentar la proporción de sólidos de excretas porcinas. La causa de éste resultado fue la mayor cantidad de caña de azúcar presente en los microsilos con menor proporción de excretas, ya que ésta presenta mayor cantidad de K (3000-5000 ppm) (56); comparada con la concentración de K en los sólidos de excretas porcinas (1000-3000 ppm), no así de las excretas porcinas completas ya que Smith y Weheeler(63) y Campabadal(27) en excretas porcinas completas, señalan contenidos de K entre 13,000 y 18,000 ppm, respectivamente. Manifestando ésto último, que probablemente la mayor cantidad de dicho elemento se separa y aparece en las aguas residuales, sugiriéndose una revisión exhaustiva del fenómeno, ya que pueden estarse depositando gran cantidad de sales en los terrenos de cultivo, causando deterioro de su fertilidad como se comentó en el caso del sodio. Las concentraciones de K registradas en los diferentes tratamientos fueron similares entre si 1622 y 2862 ppm, sin diferencias significativas ($P > 0.05$) debidas al tiempo de ensilaje (Cuadro 6). Estas cantidades fueron menores a las 4598 a 4906 ppm que Toledo(19), obtuvo en ensilados con residuos sólidos de excretas porcinas mezcladas con bagazo de caña y melaza, por el mayor contenido de K presente en la melaza.

La concentración de K de éstos ensilados, en comparación a las necesidades de dicho elemento en las distintas especies de animales rumiantes, en ninguna de las especies o etapas zootécnicas fue suficiente para satisfacer las necesidades que están entre 5000 y 10000 ppm(57). En bovinos productores de carne los máximos niveles tolerables sin causar problemas de toxicidad se han situado en 30000 ppm, por tal razón es difícil producir toxicidad por el uso de ensilados de excretas

porcinas en la dieta, ya que éste, lo mismo que el Na, es otro de los minerales que se eliminan del organismo en su mayor parte por vía urinaria(8,59,60,61).

Microminerales.

Se analiza la concentración de los principales microelementos esenciales para la mayoría de las especies animales, éstos fueron el Mn, Mo, Zn, Cu y Fe; además del Cr y Pb importantes porque aún en pequeñas cantidades causan severos problemas de toxicidad. Solamente en Mo se presentó efecto significativo de la interacción proporción:tiempo ($P<0.05$), y hubo efecto significativo ($P<0.01$) del tiempo sobre la concentración de Mn, Mo, Zn y Cr, por las razones de heterogeneidad y sedimentación explicadas anteriormente.

Las variaciones en las concentraciones de cada elemento en particular, se comparan con los valores obtenidos en otras investigaciones, a fin de establecer un promedio o un intervalo dentro del cual se puede encontrar la concentración de cada mineral. Se compara también la cantidad con las necesidades que indican las tablas de requerimientos para cada especie (principalmente cerdos y rumiantes), analizando hasta que punto se eleva su concentración, pudiendo representar problemas de desbalance o toxicidad cuando éste tipo de ensilados se utilizan en la alimentación animal.

Manganeso. Su concentración aumentó ($P<0.01$) al incrementar la proporción de sólidos de excretas porcinas en los ensilados (Cuadro 7). Los valores entre 40.6 y 51.3 ppm, fueron inferiores a las 72.26 y 85.99 ppm que Toledo(19) obtuvieron en ensilados similares con bagazo de caña y melaza. Sin embargo, aquellos investigadores obtuvieron una enorme variación en la concentración del mineral debida a la granja, con una concentración de 42.9 ppm en la granja de Tlacotepec vs 109.03 ppm de los ensilados con sólidos de excretas porcinas provenientes de Xoxocotla, seguramente originados por la composición de la premezcla mineral diferente que se utiliza en cada granja(19). La

concentración de Mn en los ensilados de la presente investigación, rebasaron las 20-50 ppm que en todas sus etapas necesitan tanto bovinos productores de carne, como productores de leche, ovinos y caprinos. En éstas especies se indican 1000 ppm como un máximo nivel tolerable de Mn, sin embargo, cantidades mayores de Mn interfieren sobre la absorción y metabolismo de minerales como el Fe(62).

Molibdeno. Su concentración aumentó ($P < 0.05$) al ser mayor la proporción de sólidos de excretas porcinas en los ensilados (Cuadro 7). Con el tiempo de ensilaje disminuyó ($P < 0.01$) la cantidad de Mo en los ensilados, por lo que probablemente éste sea otro de los microminerales que solubilizaron y sedimentaron con facilidad, por lo que debe analizarse su concentración dentro de los microsilos. La concentración variable entre 230.90 y 235.90 ppm en los distintos microsilos con 60 y 70% de sólidos de excretas porcinas, fue superior a las 8.99-10.07 ppm obtenidas por Toledo(19) en ensilados similares con sólidos de excretas porcinas con bagazo de caña y melaza. En tal caso, la concentración rebasó las 6 ppm que en bovinos productores de carne, y 10 ppm en ovinos que señala la literatura(56) como el máximo nivel no tóxico dentro de las raciones. Por tal motivo es uno de los microminerales de análisis obligatorio en éste tipo de ensilados, que restringe su uso y debe balancearse adecuadamente para no producir toxicidad cuando se utilizan dichos ensilados en las raciones de bovinos y ovinos.

Zinc. Este micromineral no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$) al aumentar la proporción de excreta en los ensilados y a diferencia de los otros minerales, presentó un aumento significativo ($P < 0.01$) al aumentar el tiempo de ensilaje, probablemente por alguno de los factores de heterogeneidad que se describieron al principio. Por otra parte y descartando una concentración elevada (1666.4 ppm) que se registró en los microsilos con 70% de sólidos de excretas porcinas a los 60 días de ensilaje. Las cantidades estuvieron en el intervalo de 123.1 a 245.1 ppm, superiores a las 70.6-81.4 ppm que Toledo(19) obtuvo en ensilados similares con bagazo de caña y melaza. Estas cantidades

fueron inferiores a su vez, a las 509-530 ppm que Campabadal(27) y Kornegay (65) determinaron en excretas porcinas completas. Las necesidades de Zn en cerdos fluctúan entre 50 y 150 ppm; en bovinos productores de carne entre 20-40 ppm, en bovinos productores de leche 40 ppm y en ovinos 20-33 ppm, considerandose como niveles tóxicos tolerables entre 500 ppm (bovinos) y 750 ppm (ovinos). Las concentraciones de Zn registradas en ésta investigación en todos los casos rebasaron las necesidades para producción de las diferentes especies animales, por tal motivo y debido a las interacciones que el elemento establece con otros minerales como el Ca, limitando la disponibilidad del Cu y el Fe(62), se debe analizar su composición a fin de evitar un desbalance o toxicidad debido al uso de éstos ensilados con sólidos de excretas porcinas altas en Zn.

Cobre. La concentración de éste elemento (Cuadro 7) aumentó ($P < 0.05$) a 15.56 ppm cuando se elevó a 70% la cantidad de sólidos de excretas porcinas en el ensilado, sobre 13.39 ppm de Cu que presentaron los ensilados con 60% de las mismas. Estas cantidades fueron inferiores a las 23.57-26.67 ppm que los que obtuvo Toledo(19) en ensilados similares con bagazo de caña y melaza, y a las 36 ó 455 ppm que Sutton et al(65) y Campabadal(27), indicaron en excretas porcinas completas.

Las concentraciones de Cu en los ensilados de la presente investigación, estuvieron ligeramente por debajo de los valores máximos tolerables como límites de toxicidad señalados en bovinos (100 ppm) y ovinos (25 ppm). Estos últimos animales son más vulnerables a la intoxicación por Cu dentro de su ración(57). Por lo anterior la inclusión de éste tipo de ensilados en las raciones de rumiantes, debe estar limitada de acuerdo al nivel de cobre que se presente. La recomendación es que el contenido de Cu se analice invariablemente para evitar pérdidas de los animales con mayor apetito y generalmente más productivos, ya que dicho mineral se acumula en el hígado y otros tejidos, causando severas lesiones como la "Crisis hemolítica" en los corderos, que termina finalmente en la muerte, debida a la concentración residual dentro de los tejidos(62).

Hierro. Es un mineral de gran importancia dentro de la nutrición animal por la participación que tiene dentro de las funciones biológicas de los animales(58). En la presente investigación manifestó un comportamiento similar al cobre pudiéndose observar una concentración promedio de 521.28 ppm en las mezclas con 70% de sólidos provenientes de las excretas porcinas, siendo ligeramente mayor a la hallada en las mezclas donde sólo se utilizó un 60%, misma que fue de 417.89 ppm. En base a la información obtenida por Toledo(19) en las mismas proporciones de sólidos de excretas manejadas en los ensilados, resultaron ser inferiores en ésta investigación, aunque las cantidades registradas estuvieron por arriba de las necesidades tanto de producción como de mantenimiento de ovinos, caprinos y bovinos, las cuales se encuentran entre los 30-100 ppm, mientras que en los bovinos el nivel tolerado es de 1000 ppm sin que llegue a manifestarse algún comportamiento anormal en el animal, en tanto que en ovinos; se consideran tóxicas cantidades entre las 60-150 ppm, por lo cual debe tenerse en consideración ésto antes de utilizar los ensilados en la alimentación de dicha especie, para no provocar alteraciones en su estado de salud, afectando con ello su productividad.

Cromo El cromo es un mineral importante por intervenir en la formación de enzimas fundamentales en los procesos bioquímicos del organismo animal (Cuadro 7). Este mineral al igual que el Fe y el Cu, registró en promedio una concentración superior cuando se utilizó un 70% de sólidos de excretas en la mezcla ensilada que fue de 9.699 ppm, en relación a la obtenida con sólo 60%, la cual es de 5.521 ppm, ninguna de las investigaciones consultadas reporta cantidades de éste mineral, que imposibilita la comparación de los resultados encontrados con los de otros estudios, el tiempo resultó ser altamente significativo ($p < 0.01$), pero los incrementos de concentración que hubo a través del tiempo de ensilaje no fueron biológicamente explicables debido a que son originados por causas inherentes al experimento y no

al proceso en sí; la literatura no reporta cantidades consideradas como tóxicas para el ganado (67,68,69).

Plomo. Al igual que el Cu (Cuadro 7), es considerado un mineral tóxico en bovinos cuando se excede la cantidad límite de 200 ppm, aunque no se absorbe más que un 20% del que es ingerido(62), puede ocasionar trastornos nerviosos por su afinidad por el tejido cerebral, por lo cual se decidió analizar los niveles contenidos en los ensilados, puesto que ninguna de las investigaciones consultadas indicó cantidades de éste mineral en particular, pero estadísticamente ninguna de las fuentes de variación empleadas resultó tener significancia alguna, registrándose en promedio cantidades de 0.057 ppm, mientras que en excretas solas se mencionan niveles de 0.05mg/kg/litro(66).

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que:

La materia seca no mostró variación alguna con el ensilaje, en comparación, a la hallada antes de ensilar.

El pH fue más ácido en los ensilados, en comparación a las muestras antes de ensilar y presentó una leve acidificación al aumentar el tiempo de ensilaje. La diferente proporción de sólidos de excretas porcinas o caña de azúcar picada, no modificó el pH de éstos ensilados.

El tiempo de ensilaje, alteró significativamente la concentración de ácido acético, propiónico y láctico. Las cantidades no fueron muy elevadas, sin embargo, se mantuvieron dentro de los intervalos señalados en otros ensilados de excretas. El ácido butírico, mostró una cantidad inicial que fue disminuyendo paulatinamente conforme transcurrió el tiempo de ensilaje y siempre fue mínima su presencia, lo cual correspondió con una buena calidad en éste tipo de ensilados. La fermentación predominante fue la láctica, garantizándose la estabilización de los ensilados y la preservación adecuada de los otros nutrimentos. La diferente proporción de sólidos de excretas porcinas utilizada, no alteró la concentración de los ácidos grasos mencionados.

Dentro de los macrominerales cuantificados, el Ca y Mg, aumentaron su concentración al aumentar la proporción de sólidos de excretas porcinas; el P y Na, no presentaron variación en su concentración por variación en la proporción de excretas; la concentración de K disminuyó al aumentar la proporción de las mismas. Todos éstos macrominerales excepto el K presentaron una variación significativa debida a la interacción proporción:tiempo. Las cantidades de éstos macrominerales, principalmente Ca, fueron superiores a las necesidades de mantenimiento y producción del ganado. El P tuvo

concentraciones similares en todos los tratamientos; Mg y K no presentaron variación debida al tiempo de ensilaje, los otros macrominerales si la presentaron probablemente por un efecto de sedimentación.

Los microminerales Fe, Cu, Mn, Mo y Cr aumentaron su concentración relacionado con el aumento en la proporción de sólidos de excretas porcinas. Zn y Pb no presentaron modificación debida al aumento en la proporción de excretas. Fe, Pb y Cu, no presentaron modificación en la concentración debida al tiempo de ensilaje; Mo presentó incremento significativo de la interacción proporción de excreta:tiempo de ensilaje; Zn, Mo, Mn y Cr presentaron una modificación significativa debida al tiempo de ensilaje, probablemente por un efecto de sedimentación. En éstos ensilados no fue posible detectar la presencia de Co.

La modificación en la concentración de los elementos minerales esta en función del contenido inicial en los ingredientes utilizados en la elaboración del ensilado, más no al proceso como tal.

LITERATURA CITADA:

- 1.-Anónimo.En Holanda el problema son las excretas.Síntesis porcina 1988;5:26-28.
- 2.-Ashbell G, Theune HH.Ensilng whole wheat at various maturation stages;changes in nutritive ingredients during maturation and ensiling and upon aerobic exposure.J.Agric. and Food Chem. 1985;33:1-4.
- 3.-Escobedo GCL.La contaminación y la definición de tecnologías. Memorias del XV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias;1994 oct.595-602
- 4.-Maskina MS.Response of method rice to fertilizer in a soil amended with cattle, poultry and pig manures.Biol. Wastes 1988;26:1-8.
- 5.-Montalvo SJ.Alternativas en el tratamiento y disposición de los residuales porcinos en Cuba. Ingenieria civil 1977;28:117-134.
- 6.-Stanogias GB,Pearce GR.The effect of high concentrations of minerals in pig diets on the convertibility to methane and in vitro digestibility of resulting pig faeces.Biol.Wastes 1987;21:111-132.
- 7.-Vega VF.Daños y resoluciones ecológicas en las granjas porcícolas. Porciraama 1987;11:62-68.
- 8.-Fernandez SMV,Rangel AOSS.Flow injection determination of sodium, potassium, calcium and magnesium in beer by flame emission atomic absorption spectrometry.J.Agric.Food Chem. 1997;45:1269-1272.
- 9.-Iñiguez CG,Franco GV.Fermentation characteristics of integral cassavatuher meal ensiled whit swine waste.Biol. Wastes 1989;28:293-301.
- 10.-Lopez GG.Importancia del reciclaje de excretas porcinas para la producción de alimento y biogas.Acontecer porcino 1994;2:5-12.
- 11.-Arndt DL,Day DL,Hastfield EE.Processing and handling of animal excreta for refeeding.J.Anim. Sci.1979;48:157-162.
- 12.-Castrejón PFA.Algunos estudios sobre el reciclaje de excretas en la alimentación de bovinos.Memorias del curso Internacional avanzado en Nutrición de Rumiantes.Colegio de Postgraduados,1993:79-86.
- 13.-Díaz J,Achang J.Notas sobre la sustitución parcial de pienso por excreta fresca de cerdos en preceba para la alimentación de cerdas gestantes.Rev.Cubana de Ciencias y Agricultura 1993;27:51-54.

- 14.-Donald DLD.Aprovechamiento de excretas animales como ingredientes para raciones alimenticias. Porcira 1988;11:41-51.
- 15.-De Días Vallejo OO.Sistemas de alimentación de cerdos en Tabasco. Sintesis porcina 1989;6:42-48.
- 16.-Fontenot JP,Weeb KEJ.Health aspects of recycling animal wastes by feeding.J.Anim. Sci. 1975;40:1267-1277.
- 17.-Barrington SF,Mac Kenzie F.The enrichment of swine manures through cement kilndust incorporation.Biol. Wastes 1989;29:1-10.
- 18.-Chen APH.Head space analysis of malodorous compounds from swine wastewater under aerobic treatment.Bioresource Technol. 1994;49:83-87.
- 19.-Toledo BA.Caracterización nutricional de ensilados de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza (tesis) México(D.F):U.N.A.M., 1996.
- 20.-Cantón GCJ,Belma CR.Valor nutritivo del estiércol fresco de cerdo para ovinos pelibuey en crecimiento.Reunión Nacional de Investigación Pecuaria,1993:250-254.
- 21.-Estrada F,Viant G,Rodríguez O.Notas sobre algunas características químicas de los residuos fibrosos de la cosecha de la caña de azúcar Rev.Cubana Cien. Agric. 1985;19:257-259.
- 22.-Harmon GB.Harvesting nutrients from swine wastes.Department of animal science University of Illinois 1972;18:1-7.
- 23.-Harmon GB.Reciclaje de las deyecciones porcinas por fermentación aerobia.Mundial de Zootecnia. FAO 1976;18:34-38.
- 24.- Flores MA.Bromatología animal.3a ed.México:Limusa,1983.
- 25.-Hernandez CBC.Determinación de bacterias patógenas en ensilados de excretas porcinas con caña de azúcar (Tesis)México (D.F):U.N.A.M.,1987.
- 26.-Mc Cullogh.Silage some general considerations.1a ed.Iowa:Committee Natl. Feed Ingredients Association,1978.
- 27.-Campabadal C.Utilización de cerdaza en el ganado de carne.Acontecer porcino 1995;1:4-10.
- 28.-Storch GA.Fundamentos de cromatografía de gases.1a edición. Madrid:Alhambra,1975.
- 29.-Iñiguez CG.Fermentation characteristics of swine waste ensiled with wheat strawand cane molasses.Biological Wastes 1990;34:227-239.

- 30.-Baxter S.Intensive pig production environmental management and desing.1a ed. London:Acad. Press,1984.
- 31.-English PR, Baxter S, Fowler RV,Smith JW.Crecimiento y finalización del cerdo. 1a ed.México: Manual Moderno,1992.
- 32.-Pond GW.Biología del cerdo.1a ed.España.Acribia,1995.
- 33.-Flachowsky G,Henning A.Composition and digestibility of untreated and chemically treated animal excreta for ruminants review.Biol.Wastes 1990;31:17-36.
- 34.-Díaz JC,Elias A.Notas sobre el uso de ensilajes de excretas de preceba porcina y miel final enriquecidos o sin enriquecer con otros alimentos para cerdas gestantes.Rev.Cubana. Cien.Agríc.1988;22:169-172.
- 35.-Cooke JA.Utilization of phosphorus and certain other minerals from swine waste and broiler litter.J.Anim.Sci. 1990;68:2852-2863.
- 36.-Gonzalez JL,Benitez MF.Pig slurry compost as wheat fertilizers. Bioresource technology 1992;40:125-130.
- 37.-Mbagwn JSC.Physico-chemical properties and productivity of two tropical soils amended with dehydrated swine waste. Bioresource Technol.1994;49:163-171.
- 38.-Tejada HL.Manual de laboratorio para análisis de ingredientes usados en la alimentación animal.1a ed.México:Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México,1983.
- 39.-Duarte VF, Magaña CA,Rodriguez GF.Utilización de heces en la alimentación animal.Caracterización químico-nutricional de heces bovinas y porcinas.Tec. Pecuaria México 1990;28:22-29.
- 40.-Van Dyke J.Digestibility and utilization of energy and protein in scheened swine waste solids by gestating gilts.J.Anim.Sci. 1986;63:1150-1155.
- 41.-Galván RR.Los municipios de Morelos.1a ed. México:Talleres gráficos de la nación,1988.
- 42.-Braith WAFF,Smith W.Chromatographic methods.4a edition.London :Chapman y Hall, 1994.
- 43.-Clement RE.Gas chromatography.1a ed.New York:Willey y Sons,1990.
- 44.-Hill DT.Long chain volatile fatty acid relationships in anaerobic digestion of swine waste. Biol.Wastes 1988;23:195-214.

- 45.-Parker CC.Energy from waste; an evaluation of conversion technologies.Trends in biotecnol. 1986;4:24
- 46.-Schamburg G.Gas chromatography a practical course. 1a edition. Germany :V.C.H, 1990.
- 47.-Walter J.Analytical gas chromatography.1a ed.London:Academic Pres,1987.
- 48.-Tanaka H.Biological removal of VFA from animal waste.Anim.Sci. Technol.1992;63:54-58.
- 49.-Daolio S,Bonsembiante M.Ruminal organic acid analysis by gas chromatography/Mass spectrometry.J.Agric. and Food Chem. 1989;37:970-974.
- 50.-Li Hong YP, Rakesh KB.An improved kinetic model for lactic acid fermentation.J.of fermentation and bioengineering 1991;71:75-77.
- 51.-Kamara DN.Effect of sugarcane molasses on fermentation of pig faeces and wheat straw inoculated with lactic acid producing bacteria.Bioresource Technol. 1994;49:87-88.
- 52.-Kazatuko K, Takashi O.Emissions of malodorous compounds and green house gases from composting swine faeces. Bioresource Technol. 1996;56:265-271.
- 53.-Hill DT.Characteristics of whole and scraped swine waste as substrates for continuously expanding anaerobic digestion systems.Agric. Wastes 1986;16:147-156.
- 54.-Willard MD.Instrumental methods of analysis.5a ed.New York.Van Nostrand Company,1974.
- 55.-Steel GD,Torriel HL.Bioestadística:Principios y procedimientos.1a ed.México:McGraw Hill,1989.
- 56.-Donald DB, Dunbar J.Composition of by products and unusual. Feedstuffs 1993;65:32-78.
- 57.-Sutton AL, Kelly DT, Perry TW. Performance of lambs fed diets containing whole corn plant ensiled with swine manure solids.1a ed.USA: J.paper,1988.
- 58.-Underwood JE. Los minerales en la nutrición del ganado. 1a ed. Zaragoza, España: Acribia,1983.

- 59.-Payne MS.Metabolic and nutritional diseases of cattle. 1a ed. Oxford,1989.
- 60.-NRC.Nutrient requeriments of beef cattle. 6a ed. USA:Academy Press,1988.
- 61.-NRC.Nutrient requeriments of sheep. 6a ed. USA:Academy Press,1985.
- 62.-NRC.Nutrient requeriments of swine.9a ed. USA:Academy Press,1988.
- 63.-Wilson PN, Bridgestocke TDA. Avances en la alimentación de vacuno y ovino.1a ed.España: Acribia,1987.
- 64.-Smith LW,Wheeler W .Nutritional and economic value of animal excreta. J Anim. Sci. 1979;48:144-156.
- 65.-Kornegay EY, Holland MR, Webb E,Boubard KP Jr.Nutrient characterization of swine fecal waste and utilization of these nutrients by swine.J.Anim. Sci 1977;44:608-619.
- 66.-Tanaka K, Chung-Min L.Nitrogen and phosphorus removal for swine wastewater using intermittent aeration batch reactor followed by ammonium crystallization process.Water resirch 1995;29:2643-2650.
- 67.-Blowin MJ,Bisallan GJ.Anaerobic biodegradation of organic matter of swine waste.Biol. Wastes.1988;25:127-139.
- 68.-Maynard AL. Nutrición animal.4a ed.México: Mc Graw Hill,1992.
- 69.-Mc Donald.Nutrición animal.3a ed.España:Acribia,1988.

**Cuadro 4. Cambios producidos por el proceso de ensilaje, en el contenido de materia seca y pH,
en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada**

	pH		Materia seca %	
	Sin ensilar	Ensilada	Sin ensilar	Ensilada
Caña de azúcar	3.90	---	32.16	---
Excretas porcinas	5.20	---	29.92	---
Proporción excretas porcinas/caña de azúcar picada	Tiempo de ensilaje (días)	Proporción excretas porcinas/caña de azúcar picada	Tiempo de ensilaje (días)	Materia seca % Ensilada
60/40	0	60/40	0	30.47
60/40	30	60/40	30	30.07
60/40	45	60/40	45	29.54
60/40	60	60/40	60	31.33
70/30	0	70/30	0	30.86
70/30	30	70/30	30	30.70
70/30	45	70/30	45	30.15
70/30	60	70/30	60	32.12
		a		a
		b		a
		b		a
		b		a
		b		a
		b		a
		b		a
		b		a
		b		a

a,b Literales distintas por columna indican diferencia significativa (p<0.05)

Cuadro 5. Contenido (%) de ácidos grasos en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada

Ácidos grasos	% Excretas		Tiempo de ensilaje (días)			
	60	70	0	30	45	60
Ac. acético	0.357 ^{ns} ±.0244	0.336 ^{ns} ±.0236	0.195 ^b ±.0043	0.360 ^a ±.0244	0.418 ^a ±.0230	0.413 ^a ±.0124
Ac. propiónico	0.072 ^{ns} ±.0014	0.077 ^{ns} ±.0036	0.079 ^a ±.0016	0.067 ^a ±.0056	0.073 ^a ±.0035	0.081 ^a ±.0032
Ac. butírico	0.038 ^{ns} ±.0012	0.042 ^{ns} ±.0020	0.046 ^a ±.0011	0.037 ^b ±.0032	0.036 ^b ±.0020	0.040 ^{a,b} ±.0015
Total de Ac. grasos	0.456 ^{ns} ±.0198	0.453 ^{ns} ±.0256	0.320 ^b ±.0061	0.463 ^a ±.0311	0.505 ^a ±.0160	0.531 ^a ±.0146
Ac. láctico	2.404 ^{ns} ±.3274	2.586 ^{ns} ±.3884	0.045 ^d ±.0025	2.553 ^c ±.1222	3.229 ^b ±.1294	4.153 ^a ±.1700

ns Por columna indican diferencias no significativas ($p > 0.05$)

a, b Literales distintas por columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

± Error estándar

Cuadro 6. Contenido de macrominerales en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada

Mineral	% Excretas		Tiempo de ensilaje (días)			
	60	70	0	30	45	60
Ca %	2.739 ^b ±0.120	3.047 ^a ±0.182	2.694 ±0.161	3.208 ^{a,b} ±0.307	2.482 ±0.103	3.322 ^a ±0.149
P %	1.077 ^{ns} ±0.015	1.061 ^{ns} ±0.004	1.059 ^{a,b} ±0.003	1.113 ^a ±0.027	1.051 ^b ±0.006	1.052 ^b ±0.009
Mg ppm	817.2 ^b ±42.153	926.1 ^a ±16.528	841.5 ^a ±36.865	810.0 ^a ±78.209	907.2 ^a ±30.114	927.2 ^a ±24.424
Na ppm	706.2 ^{ns} ±82.673	823.9 ^{ns} ±63.044	864.3 ^a ±26.267	720.7 ^{a,b} ±155.221	478.4 ±17.526	997.0 ^a ±75.311
K ppm	2532.8 ^a ±290.708	1847.3 ^b ±101.478	1943.3 ^a ±80.161	2387.0 ^a ±249.218	2242.2 ^a ±557.448	2187.7 ^a ±248.697

ns Por columna indican diferencias no significativas (p>0.05)

a,b Literales distintas por columna indican diferencia significativa (p<0.05)

+ Error estándar

Cuadro 7. Contenido de microminerales (ppm) en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada

Mineral	% de Excretas		Tiempo de ensilaje (días)				
	60	70	0	30	45	60	
Mn	44.69 ^b ±1.191	48.67 ^a ±0.690	44.61 ^b ±0.946	43.60 ^b ±1.250	48.96 ^a ±1.519	49.55 ^a ±1.406	
Mo	230.90 ^b ±5.062	235.90 ^a ±4.179	252.30 ^a ±2.877	224.80 ^b ±3.343	207.60 ^c ±1.921	249.10 ^a ±3.429	
Zn	158.70 ^{ns} ±18.515	184.60 ^{ns} ±28.304	133.50 ^b ±3.716	130.90 ^b ±3.159	154.60 ^{a,b} ±6.203	267.60 ^a ±58.658	
Cr	5.52 ^b ±1.110	9.69 ^a ±1.166	2.05 ^b ±0.616	4.99 ^b ±0.995	10.78 ^a ±0.006	12.62 ^a ±1.093	
Cu	13.39 ^b ±0.397	15.56 ^a ±0.468	13.55 ^a ±0.198	13.93 ^a ±1.125	15.33 ^a ±0.553	15.08 ^a ±0.510	
Fe	417.90 ^b ±13.785	521.30 ^a ±12.762	437.70 ^a ±25.622	475.90 ^a ±28.654	465.60 ^a ±25.765	499.00 ^a ±17.916	
Pb	0.048 ^{ns} ±0.008	0.067 ^{ns} ±0.007	0.050 ^a ±0.008	0.055 ^a ±0.013	0.060 ^a ±0.014	0.065 ^a ±0.007	

ns Por columna indican diferencias no significativas (p>0.05)

a,b,c Literales distintas por columna indican diferencia significativa (p<0.05)

± Error estándar