



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA INCLUSION DE CERDAZA EN
ENSILADOS DE PLANTA DE MAIZ Y MELAZA,
SOBRE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS DE
CORDERAS CRIOLLAS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

VICTORIA ABIGAIL MARTINEZ CASTILLO

Asesores:

MVZ., M.C. Francisco A. Castrejón Pineda

MVZ., Ph.D. Pedro J. B. de la S. F. Pradal Roa

MVZ., M.P.A. Luis Corona Gochi.



MEXICO. D. F.

1999

TESIS CON
FALLA DE ORICEN

274065



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**EFEECTO DE LA INCLUSIÓN DE CERDAZA EN ENSILADOS DE
PLANTA DE MAÍZ Y MELAZA, SOBRE LOS PARÁMETROS
PRODUCTIVOS DE CORDERAS CRIOLLAS**

**Tesis presentada ante la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
de la
Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del título de
Médica Veterinaria Zootecnista
por**

Victoria Abigail Martínez Castillo

Asesores:

**MVZ., M.C. Francisco A. Castrejón Pineda
MVZ., Ph.D. Pedro J. B. de la S. F. Pradal Roa
MVZ., M.P.A. Luis Corona Gochi.**

DEDICATORIA

**A mi Dios
por iluminar día a día mi camino**

**A mis padres
por su esfuerzo, cariño y comprensión**

**A mis hermanas
Teresa, Ana, Lilia y a la pequeña Mariana por su apoyo**

**A mi amiga Rosita
Por su apoyo, alegría y grandes consejos**

**A mis mejores amigos
Isabel, Jaime, Anita, Mario, Gaby, Jaime, Mariana, Beto, Hugo, Laura por todos los
buenos consejos y los momentos agradables que pasamos juntos.**

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores:

MVZ. Francisco A. Castrejón Pineda

MVZ. Pedro J. B. de la S. F. Pradal Roa

MVZ. Luis Corona Gochi

**A todas las personas que participaron en la elaboración
de este trabajo.**

A el Laboratorio de Nutrición Animal

y al

Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril de la

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

de la

Universidad Nacional Autónoma de México

**Por su apoyo al Proyecto No. IN210997 al Programa de Apoyo a Proyectos de
Investigación e Innovación Tecnológica y a la Coordinación de Programas Académicos
de la Secretaría General; Sistema de Becas Tesis de la Universidad Nacional Autónoma
de México.**

LISTA DE CONTENIDO

| | No. de Página |
|---------------------------------|----------------------|
| Título | I |
| Dedicatoria | II |
| Agradecimientos | III |
| Lista de contenido | IV |
| Lista de cuadros | V |
| Lista de figuras | VII |
| Resumen | VIII |
| Summary | IX |

1. INTRODUCCIÓN

| | |
|---|----|
| 1.1 La ovinocultura en México..... | 1 |
| 1.2 Problemática de las excretas de cerdo..... | 3 |
| 1.3 Valor nutritivo de las excretas porcinas..... | 4 |
| 1.4 La contaminación por estiércol de cerdo..... | 7 |
| 1.5 Usos de la cerdaza..... | 9 |
| 1.6 Sistemas de almacenamiento y tratamiento de la cerdaza..... | 11 |
| 1.7 Fermentación durante el ensilaje..... | 15 |
| 1.8 Investigaciones realizadas empleando excretas de cerdo..... | 17 |
| 1.9 Microbiología ruminal..... | 20 |
| 1.10 Usos de planta de maíz..... | 21 |
| 1.11 Usos de melaza en ensilados..... | 22 |
| 1.12 Justificación..... | 24 |
| 1.13 Hipótesis..... | 25 |
| 1.14 Objetivo..... | 25 |

2. MATERIAL Y MÉTODOS

| | |
|---|----|
| 2.1 Ubicación geográfica..... | 26 |
| 2.2 Elaboración del ensilado..... | 26 |
| 2.3 Instalaciones..... | 28 |
| 2.4 Animales..... | 30 |
| 2.5 Manejo de las corderas antes del experimento..... | 30 |
| 2.6 Alimentación..... | 30 |

| | No. de Página |
|---|----------------------|
| 2.7 Análisis químicos..... | 31 |
| 2.8 Diseño experimental y análisis estadístico..... | 32 |
| 3.RESULTADOS..... | 33 |
| 4.DISCUSION..... | 36 |
| 5.CONCLUSIONES..... | 41 |
| 5.1 Recomendación..... | 41 |
| 6.LITERATURA CITADA..... | 42 |
| 7. CUADROS..... | 49 |

LISTA DE CUADROS

| | No. de Página |
|---|----------------------|
| CUADRO 1a | |
| Composición de estiércol de cerdo en Base Seca (BS)..... | 5 |
| CUADRO 1b | |
| Composición de estiércol de cerdo en Base Seca (BS) (Datos promedio y desviación estándar de la composición de estiércol de cerdo)..... | 6 |
| CUADRO 2 | |
| Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de proteína de la cerdaza..... | 11 |
| CUADRO 3 | |
| Efecto de la temperatura ambiental sobre el nivel de proteína de la cerdaza..... | 12 |
| CUADRO 4 | |
| Análisis químico proximal y Van Soest calculado de ensilado de planta de maíz y el ensilado de planta de maíz cerdaza y melaza..... | 27 |
| CUADRO 5 | |
| Porcentaje de inclusión de ingredientes en los concentrados..... | 28 |
| CUADRO 6 | |
| Ración ofrecida en base seca (BS)..... | 28 |
| CUADRO 7 | |
| Análisis químico proximal y Van Soest calculado de las dietas ofrecidas en BS..... | 29 |

| | No. de Página |
|---|----------------------|
| 2.7 Análisis químicos..... | 31 |
| 2.8 Diseño experimental y análisis estadístico..... | 32 |
| 3.RESULTADOS | 33 |
| 4.DISCUSION | 36 |
| 5.CONCLUSIONES | 41 |
| 5.1 Recomendación..... | 41 |
| 6.LITERATURA CITADA | 42 |
| 7. CUADROS | 49 |

LISTA DE CUADROS

| | No. de Página |
|---|----------------------|
| CUADRO 1a | |
| Composición de estiércol de cerdo en Base Seca (BS)..... | 5 |
| CUADRO 1b | |
| Composición de estiércol de cerdo en Base Seca (BS) (Datos promedio y desviación estándar de la composición de estiércol de cerdo)..... | 6 |
| CUADRO 2 | |
| Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de proteína de la cerdaza..... | 11 |
| CUADRO 3 | |
| Efecto de la temperatura ambiental sobre el nivel de proteína de la cerdaza..... | 12 |
| CUADRO 4 | |
| Análisis químico proximal y Van Soest calculado de ensilado de planta de maíz y el ensilado de planta de maíz cerdaza y melaza..... | 27 |
| CUADRO 5 | |
| Porcentaje de inclusión de ingredientes en los concentrados..... | 28 |
| CUADRO 6 | |
| Ración ofrecida en base seca (BS)..... | 28 |
| CUADRO 7 | |
| Análisis químico proximal y Van Soest calculado de las dietas ofrecidas en BS..... | 29 |

CUADRO 8

| | |
|--|----|
| Consumo promedio de MS (gd^{-1}) en corderas alimentadas con ensilado de planta de maíz y ensilado de planta de maíz, cerdaza y melaza..... | 49 |
|--|----|

CUADRO 9

| | |
|--|----|
| Consumo de MS (gd^{-1} por Kg de peso metabólico) en corderas alimentadas con ensilado de planta de maíz y ensilado de planta de maíz, cerdaza y melaza..... | 49 |
|--|----|

CUADRO 10

| | |
|---|----|
| Ganancia de peso de corderas alimentadas con ensilado de planta de maíz y ensilado de planta de maíz, cerdaza y melaza..... | 50 |
|---|----|

CUADRO 11

| | |
|---|----|
| Índice de conversión alimenticia en corderas alimentadas con ensilado de planta de maíz o ensilado de planta de maíz, cerdaza y melaza..... | 50 |
|---|----|

CUADRO 12

| | |
|-------------------------------------|----|
| Composición de pmezcla mineral..... | 51 |
|-------------------------------------|----|

CUADRO 13

| | |
|---|----|
| Costo por kilogramo de alimento en la dieta con ensilado de maíz y ensilado de maíz, cerdaza y melaza Base húmeda (BH)..... | 52 |
|---|----|

CUADRO 14

| | |
|---|----|
| Análisis de costos por concepto de alimentación en corderas alimentadas con ensilado de maíz y ensilado de maíz, cerdaza y melaza | 53 |
|---|----|

LISTA DE FIGURAS

No. de Página

FIGURA 3.1

Consumo de Materia Seca (MS) en corderas alimentadas con la dieta testigo (ensilado de maíz) y la dieta experimental (ensilado de maíz, cerdaza y melaza)..... 34

FIGURA 3.2

Consumo de Materia Seca (MS) / kg de peso metabólico (PM) en corderas alimentadas con la dieta testigo (ensilado de maíz) y la dieta experimental (ensilado de maíz, cerdaza y melaza)..... 34

FIGURA 3.3

Ganancia diaria de peso en corderas alimentadas con la dieta testigo (ensilado de maíz) Y la dieta experimental (ensilado de maíz, cerdaza y melaza)..... 35

FIGURA 3.4

Índice de conversión alimenticia en corderas alimentadas la dieta testigo (ensilado de maíz) y la dieta experimental (ensilado de maíz, cerdaza y melaza)..... 35

MARTÍNEZ CASTILLO VICTORIA ABIGAIL. Efecto de la inclusión de cerdaza en ensilados de planta de maíz y melaza sobre los parámetros productivos de corderas criollas. (Bajo la asesoría de Francisco Castrejón Pineda, Pedro J.B. de la S. Fdo. Pradal Roa y Luis Corona Gochi).

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de comparar el efecto de la inclusión de ensilados de maíz con cerdaza (EMC), o ensilado de maíz, sobre el crecimiento de corderas criollas. Se utilizaron 24 corderas de 61 a 74 días de edad, con un peso promedio de 10.72 ± 2.60 kg; distribuidas en un diseño completamente al azar, con dos tratamientos dieta testigo (DT) 50% ensilado de maíz, 50% concentrado; dieta experimental (DE): 60% EMC, 40% concentrado) y doce repeticiones. El EMC se elaboró con 30% de fracción sólida de excretas de cerdo, 65% de planta de maíz y 5% de melaza. El concentrado incluyó pasta de soya, grano de sorgo, sal iodada y fosfato dicálcico. Las dietas se balancearon isoprotéicas e isoenergéticas, agua y minerales se ofrecieron *ad libitum*. Se utilizaron 14 días de adaptación a corrales individuales y dietas, y 56 días de período experimental. Se determinó el consumo de materia seca (CMS), la ganancia diaria de peso (GDP), la conversión alimenticia (CA) y el costo por kg de cordera producido. El CMS fue similar ($P > 0.05$) con DE (748 gd^{-1}), que con DT (674 gd^{-1}). El CMS con base en el peso metabólico fue mayor ($P < 0.05$) con DE ($93.33 \text{ gMS/Kg PV}^{0.75}$) en comparación con DT ($87.50 \text{ gMS/Kg PV}^{0.75}$). La GDP fue similar ($P > 0.05$) con DE (229 gd^{-1}) que con DT (206 gd^{-1}). La CA en los dos grupos fue similar ($P > 0.05$) 3.3:1 (experimental) y 3.33:1 (control). El costo por kg de cordera producido fue menor en las corderas que consumieron la DE. No hubo disminución del crecimiento en corderas al utilizar 20% de EMC en su dieta. La dieta con EMC reduce los costos por alimentación.

MARTÍNEZ CASTILLO VICTORIA ABIGAIL: “Effect of the inclusion of pig manure in ensilage of maize plant and molasses, on the productive parameters of crossbred female lambs”. (Under the supervision of: Francisco Castrejón Pineda, Pedro J. B. de la S. Fdo. Pradal-Roa y Luis Corona Gochi).

SUMMARY

The aim of the study was to evaluate the effect of a diet with pig manure and molasses added to silage of maize plant, on the productive parameters of female lambs. Twenty four crossbred female lambs of 61 to 74 days of age, with average weight of 10.72 ± 2.60 kg, were randomly distributed in two treatments. A completely randomized design was used for the study. The treatments consisted in a control group with a diet containing 50% ensilage (100% maize plant) and 50% of feed concentrates. The animals in the experimental group were fed a diet containing 60% of the following combination: 30% of the solid fraction of fresh pig faeces, 65% of maize plant and 5% of molasses, and 40% of feed concentrates. The feed concentrates contained soybean meal, sorghum, iodised salt and dicalcium phosphate. Both diets were isoproteic and isoenergetic. Lambs were subjected to a 14 days period of adaptation to the sheep pen and to the diets. The diets were fed for 56 days and supplied *ad libitum* with water and mineral salt. Dry matter ingestion (DMI), daily liveweight gain (DLWG) and feed conversion rate (FCR) were measured. The DMI was not significantly different ($P > 0.05$) in the groups. The DMI in gDM/kg of metabolic weight was higher ($P < 0.05$) in the lambs of the experimental group, when compared with the controls (93.33g vs 87.50g, respectively). The DLWG of the experimental group was 23 g/d higher ($P > 0.05$) than the control group (229 g vs. 206 g). The FCR in the two groups was similar 3.33:1 (experimental) vs. 3.33:1 (control). It can be concluded that it is possible to replace a conventional diet with ensilage of maize plant, molasses and the solid fraction of pig manure included at 20%, for diets of female growing lambs, obtaining similar productive parameters to those obtained with a conventional diet, and reducing the costs of feeding.

I. INTRODUCCIÓN

1. La ovinocultura en México.

La ganadería de pequeños rumiantes representa en México del 1 al 2% del producto interno bruto, por tanto los sectores políticos no le han dado importancia, sin embargo, debe considerarse el volumen de importaciones de carne de borrego congelada, proveniente de Nueva Zelanda y Australia, que equivalen aproximadamente a un millón cuatrocientas mil cabezas anualmente¹, las cuales deberían producirse en el país. Un reto que se ha fijado la ovinocultura mexicana es ganar este mercado produciendo la cantidad de carne necesaria para abatir el déficit de carne de ovino que se importa actualmente; una forma para solucionar este problema sería incorporando tecnologías a las explotaciones con el propósito de hacerlas más eficientes, de modo que los costos de producción sean menores, para poder competir en un mercado internacional de precios. Otra alternativa es disminuir los costos por alimentación¹, considerando que el rumiante tiene la capacidad de utilizar alimentos de bajo valor nutritivo y convertirlos en carne, esto debido a la acción enzimática de los microorganismos del rumen y del retículo².

Si existe algo que aqueja a la ganadería en México son los costos de producción y la ovinocultura no es la excepción, la mayoría de las explotaciones ovinas se encuentra en manos de pequeños productores que carecen de infraestructura y que alimentan a su ganado a través de sistemas de pastoreo extensivo, quienes al no manejar adecuadamente la carga animal y la calidad del pasto, utilizan un pastoreo irracional³. Otro factor que juega un papel importante, en la alimentación de ovinos en pastoreo es la escasez de forrajes, debida a la variación estacional en temperatura, precipitación y a otros factores ambientales como sequías, inundaciones y deforestación, por esta razón, los productores utilizan subproductos agroindustriales que tienen bajo valor nutritivo, que para cubrir las necesidades nutricionales de los ovinos se tiene que complementar la dieta con el uso de concentrados⁴. Según el precio que pagan por el kg de carne de borrego en pie, la suplementación no ha sido rentable debido al alto costo de los alimentos balanceados, principalmente el elevado costo de los ingredientes ricos en proteína⁵. Una fuente de proteína que contiene alrededor de 50% de proteína verdadera y 50 % de nitrógeno no proteínico (NNP).

que los ovinos pueden transformar y aprovechar como proteína microbiana, es la excreta animal⁶. En ovinos se han llevado a cabo estudios del aprovechamiento de las excretas de aves (pollinaza o gallinaza), evaluando principalmente el comportamiento productivo, sin embargo, la utilización de excretas de cerdos en ovino es menor^{7,8}.

Los rumiantes son considerados los animales ideales para aprovechar los nutrientes que se encuentran en las excretas, por la habilidad que tienen para aprovechar el NNP. Las excretas de cerdo pueden utilizarse para alimentar a la misma especie, pero se ha visto que se obtienen mejores resultados en rumiantes^{6,5,9,10}.

La utilización de los nutrimentos contenidos en las excretas animales, no sólo ayuda a disminuir los problemas de contaminación ambiental, sino además reduce el costo de alimentación^{5,10,11}. El uso de excretas porcinas como ingrediente es un aspecto que se ha criticado mucho por la cantidad de compuestos tóxicos que pueden contener cuando se adicionan a la dieta. Se han encontrado diferentes residuos de drogas en las excretas como antihelmínticos, antibióticos, nitrofuranos, sulfonamidas así como arsénico y cobre como resultado de su incorporación al alimento, lo cual ha sido considerado una desventaja para utilizar las excretas de cerdo como un ingrediente. En el caso de los borregos el mineral traza más problemático es el cobre ya que una concentración superior a 25 mg/kg en la dieta de estos animales, causa toxicidad¹². Se ha reportado que el cobre puede llegar a niveles de 1,600 mg/kg de excretas de cerdo, cuando se usa este mineral como promotor de crecimiento en las dietas de cerdos⁵. Otros autores obtuvieron niveles de 50 a 375 mg/kg en excretas porcinas, sin embargo, Bhattacharya y Taylor¹³ encontraron que solamente 5 a 10 % del cobre dietario es absorbido, retenido por el cuerpo y el resto es eliminado por la vía biliar hacia el intestino y excretado a través de las heces. Al respecto algunos autores concluyeron que no hubo evidencias de que el reciclaje de excretas representará un riesgos a la salud humana y que la alimentación con excretas no alteró el sabor de la carne, leche y huevo producidos por animales domésticos¹⁴. Sin embargo otros investigadores recomiendan que ensilados que tienen cerdaza siempre se debe analizar la composición mineral a fin de evitar efectos tóxicos y desbalances en la nutrición animal^{15,16}.

1.2 Problemática con las excretas de cerdo.

En los últimos años la industria porcina se ha caracterizado por un constante progreso tecnológico en todos los aspectos, con esto se ha visto incrementada la población porcina^{6, 16, 17, 18, 19} se calcula que en México existen 13 millones de cerdos²⁰. Con el incremento poblacional, uno de los problemas fundamentales de la industria porcina, además de los costos que representa la alimentación, es el manejo de los desechos debido a que incrementan la contaminación ambiental, representando un riesgo para la salud humana y animal^{18, 20, 21}. En México se estudia la reglamentación respecto a los desechos de animales, y se ha mencionado que se pueden llegar a clausurar granjas, particularmente de cerdos, en las que no se ha atendido la reducción de contaminantes por los desechos que genera⁶. También el Consejo Mexicano de Porcicultura (COMEPOR) desde 1993 empezó a introducir nuevas reglamentaciones que empiezan a ser adoptadas por poricultores miembros del consejo; entre las más importantes destacan: todas las excretas y aguas residuales generadas en las granjas porcinas deberán ser tratadas en su totalidad a fin de no crear disturbios o producir moscas, las descargas líquidas deberán estar libres de materiales sedimentables²².

Otro problema es el riesgo de la transmisión de enfermedades por el uso de la cerdaza como ingrediente en la alimentación tanto en los animales receptores como en la población consumidora de carne. Existen más de 100 zoonosis, algunas de las cuales son comúnmente encontradas en las excretas animales¹², siendo las más frecuentes, la brucelosis, antrax, leptospirosis y tuberculosis bovina. En el período de 1966 a 1970, el 15% de Leptospirosis humana en E.U. provinieron de las excretas de cerdo y ganado¹³. Otros autores en un estudio de la incidencia de virus en las excretas, de 22 muestras de excretas líquida de cerdo, encontraron que 17 tenían Adenovirus, Enterovirus y Coronavirus¹⁴. Se ha reportado la presencia de microorganismos patógenos en las excretas animales como *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium avium*, *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Clostridium botulinum* y *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Clostridium spp.*, *Pasteurella multocida*. De aquí la importancia que tiene la elección del tipo de tratamiento al que debe ser sometido el estiércol

de cerdo para su utilización como ingrediente¹³.

Por esta causa desde la década de los sesenta se ha intensificado el estudio y reciclaje de las excretas animales y su utilización en la alimentación del mismo u otro tipo de ganado. En algunas especies por ejemplo en los conejos el reciclaje de excretas permitió al animal obtener cantidades variables de vitaminas del complejo B, minerales y algunas proteínas; por lo cual empezó a considerarse el valor nutritivo de las excretas. En la década de los setenta se empezó a generar más información, pero abocándose principalmente al riesgo potencial de algún problema infeccioso por el reciclaje de microorganismos patógenos, lo cual desencadenó la búsqueda de procesos que disminuyeran las poblaciones de estos microorganismos desarrollándose métodos químicos, biológicos y físicos^{2,23}.

En investigaciones recientes se ha evaluado el estiércol de cerdo como ingrediente en la alimentación de rumiantes. El uso de las excretas de cerdo en la alimentación animal se debe a su elevado contenido de minerales, nitrógeno y aminoácidos^{5, 6, 10, 20}. Diversos autores han mencionado que este tipo de excretas tiene el potencial de ser una fuente de riqueza nutricional, si se les considera no como un desecho, sino como una materia prima disponible todo el año para su reciclaje en la alimentación⁶. En nuestro país, el estiércol principalmente de cerdo y bovino, representa uno de los recursos menos explotados, los cuales se deben aprender a utilizar en forma eficiente¹⁰.

1.3 Valor nutritivo de la cerdaza

Se estima que México tiene 13 millones de cerdos²⁰ y considerando que un animal produce diariamente en promedio 5.4 kg de desechos (heces y orina)²⁴, esto representa una producción diaria promedio de 70,200 toneladas de excreta. La cantidad de excreta que produce un cerdo depende de diversos factores como la edad del animal, madurez fisiológica, cantidad y calidad de alimento consumido, así como de la cantidad de agua consumida y del clima¹⁹.

Cuadro 1a. Composición de estiércol de cerdo en Base Seca (BS)

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Materia seca (%) | 29.90k | 30.70k | 32.67c | 34.55i | 35.99i | 43.65c | 77.07b | 77.66g | 86.92d | | |
| Proteína Bruta (%) | 11.23a | 14.55i | 15.68d | 17.44i | 20.25c | 21.39c | 22.00f | 23.50e | 24.00h | 24.84g | 14.80l |
| Proteína Verdadera (%) | 6.44k | 7.78k | 15.60e | | | | | | | | |
| Fibra Bruta (%) | 7.00a | 14.79d | 14.80e | 15.00h | 16.29c | 17.04k | 17.89c | 23.00a | 23.77i | 24.12i | 19.76l |
| Extracto Etéreo (%) | 1.52c | 2.00a | 2.99k | 3.09d | 3.47b | 3.67c | 5.54i | 6.23i | 8.00e | 9.00e | 4.47l |
| Cenizas (%) | 2.55c | 3.86c | 4.74k | 5.76i | 10.00a | 10.40b | 15.30g | 16.27i | 22.09d | 28.00e | 14.15f |
| E L N (%) | 31.48b | 35.18i | 38.30a | 42.52d | 50.14i | | | | | | |
| Calcio (%) | 0.49i | 1.95i | 2.50f | 2.70h | 2.72e | 4.28a | 4.28b | | | | |
| Fósforo (%) | 0.44i | 1.05b | 1.23i | 1.60f | 2.10h | 2.13g | 2.65a | | | | |
| Magnesio (%) | 0.36b | 0.90h | 0.93e | | | | | | | | |
| Sodio (%) | 0.26f | 0.35b | 0.45a | | | | | | | | |
| Potasio (%) | 1.00i | 1.30h | 1.34e | 1.56m | 1.80b | | | | | | |
| Cobre, ppm | 36.0a | 63.00e | 455b | 455f | | | | | | | |
| Cinc, ppm | 509b | 509f | 530e | | | | | | | | |
| Energía Bruta KJ/g 39 | 16.82k | 17.00a | 23.00a | | | | | | | | |
| F D N (%) | 20.00a | 32.00b | 32.00g | 43.93i | 60.00a | 70.00k | 70.24i | | | | |
| F D A (%) | 11.70b | 14.00a | 15.70b | 15.70g | 21.68k | 35.77i | 39.00a | 44.42i | | | |
| Lignina (%) | 0.32b | 0.32g | 3.00 a | 6.00 a | 8.22i | 12.18i | | | | | |
| Celulosa (%) | 6.00a | 9.16g | 9.26b | 19.66i | 23.00c | 28.13i | | | | | |
| D. in vivo de MS en rumiantes (%) | 29.00a | 51.00j | | | | | | | | | |
| D. in vivo de MO en rumiantes (%) | 29.00a | | | | | | | | | | |
| D. in vivo de MS en cerdos (%) | 49.00a | | | | | | | | | | |

a) Íñiguez¹⁰, b) Campabadal⁵, c) Castrejón²³, d) Molina, R.²⁵, e) Kornegay y col.²⁶, f) Orr y col.²⁷,

g) Ramirez⁷, h) Smith and Weheler²⁸, i) Toledo²⁴, j) Tinnimit y col.²⁹, k) Van Dyke y col.³⁰ y l) Peña R¹⁴.

ELN = Extracto libre de nitrógeno, FDN= Fibra detergente neutra, FDA= Fibra detergente ácida,

D= Digestibilidad, MS= Materia Seca, MO= Materia orgánica

Cuadro 1b. Composición de estiércol de cerdo en base seca (datos promedio y desviación estándar de la composición de estiércol de cerdo).

| NUTRIENTE | PROMEDIO | AUTORES |
|---|-----------------|---|
| Materia Seca (%) | 49.90 ± 23.49 | Iñiguez, Castrejón, Molina, Ramírez, Van Dyke y col., Toledo |
| Proteína Bruta (%) | 21.66 ± 8.65 | Iñiguez, Castrejón, Molina, Orr et. al., Toledo, Peña R. |
| Proteína Verdadera (%) | 9.94 ± 4.95 | Kornegay y col., Van Dyke y col. |
| Fibra Bruta (%) | 17.59 ± 5.01 | Castrejón Molina, Kornegay et. al., Iñiguez Smith and Weheler Van Dyke y col., Toledo, Peña R. |
| Extracto etéreo (%) | 4.54 ± 2.40 | Iñiguez, Campabandal, Castrejón, Molina, Kornegay y col. Van Dyke y col., Toledo, Peña R. |
| Cenizas (%) | 12.10 ± 8.03 | Iñiguez, Campabandal, Castrejón, Molina, Kornegay y col., Toledo, Peña R. |
| Extracto libre de nitrógeno (%) | 39.52 ± 7.19 | Iñiguez, Campabandal, Molina, Toledo |
| Calcio (%) | 2.70 ± 1.32 | Iñiguez, Campabandal Kornegay y col., Orr et. al., Smith y Weheler |
| Fósforo (%) | 1.60 ± 0.75 | Iñiguez, Campabandal, Kornegay y col., Orr et. al., Smith y Weheler |
| Magnesio (%) | 0.73 ± 0.32 | Campabandal, Kornegay y col., Smith y Weheler |
| Sodio (%) | 0.35 ± 0.10 | Iñiguez, Campabandal, Orr et. al. |
| Potasio (%) | 1.40 ± 0.30 | Iñiguez, Campabandal, Kornegay y col., Orr et. al., Smith y Weheler |
| Cobre, ppm | 252.25 ± 234.37 | Iñiguez, Campabandal, Kornegay y col., Orr et. al. |
| Cinc, ppm | 516.00 ± 12.12 | Campabandal, Kornegay y col., Orr et. al. |
| Energía bruta KJ/g | 18.94 ± 3.52 | Iñiguez, Van Dyke y col. |
| Fibra detergente neutra (%) | 46.88 ± 20.11 | Iñiguez, Campabandal, Ramírez, Van Dyke y col., Toledo |
| Fibra detergente ácida (%) | 21.94 ± 11.02 | Iñiguez, Campabandal, Ramírez, Van Dyke y col., Toledo |
| Lignina (%) | 10.64 ± 15.50 | Iñiguez, Campabandal, Ramírez, Toledo |
| Celulosa (%) | 15.87 ± 8.96 | Iñiguez, Campabandal, Castrejón, Ramírez, Toledo |
| Digestibilidad in vivo de MS en rumiantes (%) | 40.00 ± 15.56 | Iñiguez Tinnimit y col. |
| Digestibilidad in vivo de Materia orgánica (%) | 29.00 | Iñiguez |
| Digestibilidad in vivo de MS en cerdos (%) | 49.00 | Iñiguez |

La calidad de nutrientes contenidos en la cerdaza, varían por diversos factores como son: la etapa productiva, la digestibilidad de la materia seca de las dietas, la cantidad de agua y orina, manejo de las heces (almacenaje y tratamiento), etcétera^{5, 19, 20}.

Los componentes que forman el alimento consumido por un cerdo tienen un marcado efecto en el valor nutritivo de la cerdaza, al respecto, una dieta basada en maíz y harina de soya presenta una digestibilidad de materia seca entre 88 y 90 %, mientras que la adición de 5 % de subproductos fibrosos (paja de trigo y rastrojos) disminuye la digestibilidad de 3 a 4 %, ya que el factor fibroso y laxante de este producto aumenta el paso de alimento por el tracto gastrointestinal³¹.

El valor nutritivo de las excretas porcinas es evaluado económicamente más como fuente de proteína que como fuente de energía en las dietas balanceadas, aunque también destaca su contenido de minerales en el cuadro 1a se muestran los análisis químicos obtenidos de diferentes investigaciones⁶.

1.4 La contaminación por estiércol de cerdo

Una ventaja adicional del reciclaje de estiércol de cerdo en la alimentación de rumiantes, es la disminución de los problemas de contaminación del medio ambiente, porque esta alternativa reduce el área requerida para la deposición de las excretas porcinas y porque su reutilización en las raciones para rumiantes, aún cuando estos animales después generan una gran cantidad de excretas, estas tienen menor valor contaminante, ya que provocan menor demanda química de oxígeno, lo cual está relacionado a su menor contenido de nitrógeno, fósforo y otros elementos minerales^{6, 10, 23}.

En su mayoría el estiércol consiste de material orgánico biodegradable (ingredientes alimenticios no digeridos y no absorbidos, productos catabólicos del metabolismo, secreciones, células microbianas y tejidos), después de su excreción, continúa su degradación debido a la acción microbiana y de esta forma se producen gases, olores, contaminación del agua y el suelo¹⁰.

Las diferentes formas mal dirigidas a través de las cuales los poricultores se deshacen de las excretas, contribuyen a aumentar la contaminación ambiental esto a pesar de que hay granjas que cuentan con sistemas de tratamiento de excretas^{5, 19}. Una de las formas frecuentes como los productores se deshacen de las excretas, es descargándolas directamente a las corrientes de agua, estas se contaminan con los materiales orgánicos, inorgánicos, agentes infecciosos y olores, que

se encuentran en las heces. Cerca del 50% de la microflora de las aguas residuales de granjas porcinas están constituidas de especies patógenas, capaces de causar colibacilosis, disentería, tifoidea, paratifoidea, enteritis aguda y crónica, tuberculosis, erisipela, y en diferentes muestras de complejos porcícolas han sido encontrados huevos de escarasis y esofagostomiasis^{18, 10}. Otro problema es que las excretas al descomponerse aumentan su demanda bioquímica de oxígeno y por tanto disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, impidiendo toda vida acuática. Los elementos fertilizantes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que contienen las excretas se disuelven rápidamente y posteriormente las plantas acuáticas los emplean para su crecimiento. Con esto se provoca una gran producción de algas y estas forman una capa opaca que impide la entrada de rayos solares (rayos ultravioleta) al agua, disminuyendo la temperatura, lo que provoca que un gran número de algas muera. La descomposición de las algas muertas produce una baja de oxígeno en el agua, transformándose el fenómeno en un círculo vicioso conocido como eutroficación. La eutroficación es un fenómeno que se da por el acumulamiento de los elementos fertilizantes al cabo de miles de años, cuando los mantos freáticos son contaminados con excretas de cerdo este fenómeno se acelera^{10, 18}.

Otra práctica que con el tiempo se ha hecho perjudicial debido a que las granjas porcinas no cuentan con el suficiente terreno para deshacerse de las excretas de cerdo⁶, es depositarlas sobre el suelo para emplear sus elementos fertilizantes una vez mineralizados, estos se disuelven y por último las plantas los utilizan para su crecimiento^{18, 20}. Además hay que tomar en cuenta que la velocidad de mineralización es mínima en clima templado y depende de la actividad microbiana que presenta el suelo¹⁸. Sin embargo las plantas no utilizan totalmente los elevados contenidos de N, P, K y los excedentes pueden filtrarse con ayuda de las primeras lluvias, esto sucede principalmente en suelos con mínima capacidad de retención de agua. La consecuencia de estas filtraciones es la intoxicación masiva tanto de humanos como de animales, debida a la contaminación en los mantos freáticos^{10, 18, 20}.

Las excretas porcinas también son una fuente potencial de contaminación del aire. Al iniciarse la descomposición del estiércol debido a la acción microbiana se desprenden gases como amoniaco, ácido sulfhídrico, bióxido de carbono y metano. Los olores desagradables son producidos principalmente por el amoniaco, el ácido sulfhídrico y un gran número de compuestos

orgánicos intermediarios de la degradación biológica del estiércol de cerdo, tales como fenol, p-cresol, ácidos (acético, propiónico y butírico). Estos gases nocivos pueden causar molestias y problemas a la salud tanto de animales como de humanos. La inhalación de altas concentraciones de estos gases nocivos, ha provocado la muerte de humanos y animales^{10,14}.

Además de la intoxicación de suelos, la transmisión de gérmenes patógenos y la contaminación de aguas subterráneas y de superficie, convierten el área donde son acumuladas las excretas, en lugares aptos o ideales para la reproducción de moscas, de esta forma también se pueden atraer especies ajenas y alejando a numerosas especies propias del lugar, generando de esta forma rompimientos de cadenas ecológicas que traen como consecuencia la extinción de familias nativas^{10,18}.

1.5 Usos de la cerdaza.

En la actualidad las excretas se emplean como: fertilizantes, para la obtención de biogas y como ingredientes en la alimentación animal (cerdos, bovinos, ovinos).

Producción de fertilizante.

Las excretas de cerdo se han empleado como fertilizante para diferentes tipos de cultivo. Su utilización varía dependiendo del tipo de suelo y de cultivo al cual se quiera aplicar⁶. Campabandal⁵ refiere que las excretas sólidas de cerdo pueden contener 22 kg de nitrógeno, 15 kg de fósforo y 10 kg de potasio por tonelada y que en forma semilíquida contiene 44 kg de nitrógeno, 40 kg de fósforo y 39 kg de potasio por cada 1000 galones de excreta. Se debe tomar en cuenta que la fertilización no se puede realizar todo el año y por lo tanto se debe de contar con estructuras de almacenamiento. También hay que recordar que con un almacenamiento prolongado una proporción del nitrógeno orgánico se convierte en nitrógeno amoniacal y de esta forma el nitrógeno se volatiliza^{5,18,20,23}.

La aplicación debe realizarse con cautela, ya que las plantas no utilizan en su totalidad los elementos fertilizantes contenidos en la excreta y los excedentes pueden llegar a mantos freáticos, donde estimulan el crecimiento de bacterias y plantas acuáticas y reduce la cantidad de oxígeno disponible en el agua produciendo la muerte de peces y organismos acuáticos^{18,25}.

Producción de biogas

La producción de biogas se da por la digestión anaerobia o también llamada fermentación metánica de las excretas de donde se obtiene una mezcla de metano (60-65%), dióxido de carbono, trazas de sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, ácido sulfhídrico, gas carbónico y vapor de agua. Además se produce un residuo semisólido rico en nitrógeno llamado bioabono, libre de microorganismos patógenos, inodoro y los elementos fertilizantes son más eficientemente utilizados por las plantas ya que el 50% de estos se encuentran mineralizados. Este proceso permite producir combustible a partir de materia orgánica^{5, 18}.

La instalación de un sistema para la captación de biogas, se encuentra alejado de las posibilidades de México actualmente, sus ventajas han sido observadas en otros países en los cuales los gobiernos han apoyado intensamente este tipo de biotecnología¹⁸.

Como ingrediente en la alimentación animal

El uso del estiércol en la alimentación provee una solución parcial a las excretas porcinas y a los problemas de contaminación ambiental, ya que al usar la fracción sólida se reduce el volumen total de sólidos que se transfiere a la laguna de oxidación, por lo tanto se disminuye el volumen total de desechos a manejar, así mismo, se reduce el volumen total de agua a utilizar en la granja, lo que facilita la separación de sólidos^{5, 6, 10, 25}.

La reincorporación continua de los desechos fecales de los animales a la dieta de los mismos es conocida como reciclaje. El resultado que ha tenido este tipo de manejo de estiércol en diferentes especies es una reducción en los costos de alimentación animal y una disminución en la competencia por los granos que pueden ser destinados para consumo humano¹⁴.

El estiércol puede ser empleado como fuente de nutrientes para los animales; se estima que la excreta de cerdo es de 3 a 10 veces más aprovechable como fuente de proteína que como fuente de energía²⁸, su aprovechamiento como ingrediente depende del tipo de manejo y tratamiento al que haya sido sometido y en su utilización deben de considerarse los riesgos que implica la presencia de patógenos y residuos de drogas como aditivos y antibióticos en sus dietas¹².

1.6 Sistemas de almacenamiento y tratamiento de la cerdaza.

El almacenamiento de la cerdaza es un factor importante que afecta el valor nutritivo, produciendo pérdidas que dependen del grado de humedad, tiempo y temperatura ambiental de la zona. El grado de humedad es el factor que más afecta su calidad, a mayor humedad hay incremento en la descomposición, esta se calienta y existe un bajo o nulo consumo de cerdaza. El nivel óptimo para almacenarla debe ser entre 10 a 12 % de humedad⁵.

La cerdaza que se almacena fresca por más de tres días presenta problemas de hongos, calentamiento y baja palatabilidad. Cuando se almacena seca, el período de almacenaje y la temperatura ambiental del lugar de almacenamiento afectan el contenido de nutrimentos de cerdaza⁵ (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de proteína de la cerdaza.

| Tiempo semanas | % Proteína |
|-------------------|------------|
| 1 ^a | 18.21 |
| 2 ^a | 18.04 |
| 3 ^a | 17.56 |
| 4 ^a | 16.97 |

Campabandal 1995

Se han propuesto diferentes alternativas para aprovechar las excretas animales, entre éstas existen diversas formas de tratamiento y almacenamiento. Como estructuras de almacenamiento se utilizan: tanques, fosas y lagunas. El almacenamiento se diseña para retener una cantidad fija de

excretas por un periodo específico y después vaciarlo completamente²⁰. Cada uno presenta características variables, requieren de una extensión heterogénea de terreno dentro de la explotación la cual depende del tratamiento que se realice a las excretas, implicando con esto costos variables³².

Cuadro 3. Efecto de la temperatura ambiental sobre el nivel de proteína de la cerdaza

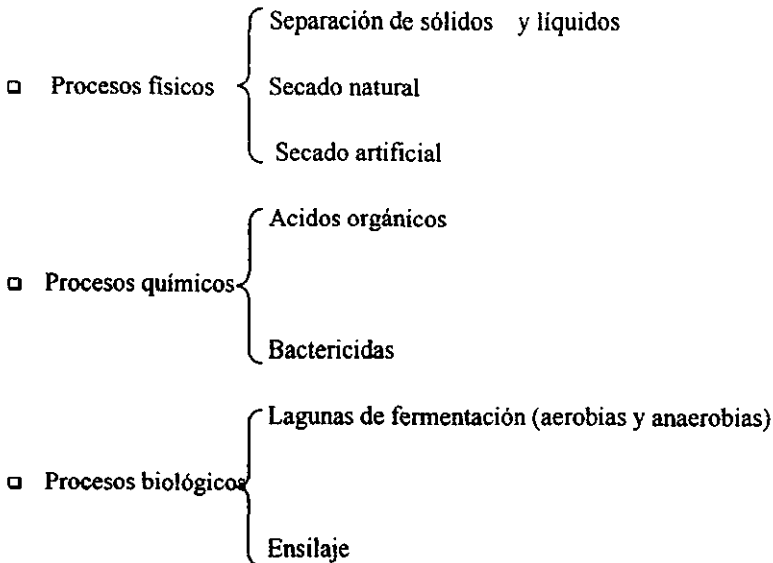
| Temperatura ambiental | % Proteína |
|-----------------------|------------|
| Menos de 20 °C | 15.56 |
| Media de 25°C | 17.34 |
| Mayor de 30°C | 15.18 |

Campabandal 1995

Tratamientos de la cerdaza.

Autores como Overhults et al (1978) citado por Díaz J et al.(1988)³³ encontraron mejores eficiencias alimenticias para cerdos que consumían excretas fermentadas anaeróbicamente que para los que la consumían no fermentadas. A raíz de que se observó que la cerdaza pudiera ser un ingrediente en las dietas alimenticias, se desarrollaron diferentes métodos de procesamiento de la cerdaza para disminuir el riesgo de transmisión de enfermedades, hacerla más palatable para los animales, así como conservarla por más tiempo removiendo física o químicamente los elementos que pueden causar olores o contaminar el agua, destrucción de patógenos y control del olor^{20, 34}.

Estos métodos se dividen en: procesos físicos como: la separación de sólidos, líquidos y secado natural; procesos químicos: como el empleo de ácidos orgánicos, bactericidas, aplicados a las lagunas de fermentación (aerobias y anaerobias); y los procesos biológicos dentro de las cuales sobresale la actividad microbiana ocurrida en lagunas de fermentación (aerobias y anaerobias), y el ensilaje^{5, 18, 20, 34, 35}.



Tratamientos físicos.

Secado. Al deshidratar las excretas se facilita la incorporación de estas a la dieta de los animales así como su almacenaje, uno de sus inconvenientes es que hay una pérdida elevada de nitrógeno y energía. El secado representa un alto gasto energético. El producto final que se obtiene del secado es inodoro, las altas temperaturas eliminan los agentes patógenos^{12, 34, 36}.

El secado al aire libre tiene la limitante de que no se logra una buena deshidratación, el producto final aún puede contener patógenos y en algunas partes, el material se contamina con hongos, es muy común que se volatilice el nitrógeno hacia la atmósfera lo cual causa decremento de su valor nutricional, la cantidad pérdida de nutrientes va a depender de la zona principalmente en clima árido o semiárido^{34, 36}.

Separación de Sólidos. Método mecánico que separa la porción sólida de la líquida, existe una mayor pérdida de nutrientes que se van con el líquido puede consistir en prensas hidráulicas, extrusores y separadores de cascada. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que mediante este proceso no se controlan agentes patógenos y su principal desventaja es el costo de la maquinaria, sus principales ventajas son: obtención de un producto que es fácilmente aceptado por el animal y

fácil de mezclar con el alimento³⁴.

La separación de líquidos y sólidos se realiza para recuperar el alimento no digerido, en algunos casos se deshidrata para lograr un producto que pueda ser almacenado^{20,36}.

Tratamientos químicos

El principal tratamiento químico es adicionar ácidos orgánicos, que tienen la ventaja de aumentar la aceptación por parte de los animales, su inmediata utilización en la dieta reduce la pérdida de nutrientes, no requiere almacenaje, y se controla el olor. La principal desventaja es que requiere un equipo especial para mezclarlo y no se puede almacenar por mucho tiempo³⁴.

También se pueden mezclar bactericidas bio-degradables con estiércol crudo para dar un tratamiento térmico corto, usando solventes para extraer proteínas³⁶. Hay que tomar en cuenta que la mayoría de los tratamientos químicos son demasiado costosos y no se encuentran al alcance de los ganaderos mexicanos²³.

Tratamientos Biológicos

Lagunas de fermentación con procedimientos aeróbicos y anaerobios, cada uno con características particulares, permiten el desarrollo de los microorganismos y la degradación casi completa de la materia orgánica, en compuestos sencillos, principalmente bióxido de carbono, ion amonio, nitratos, ortofosfatos y elementos minerales disueltos, destrucción de patógenos, reducción de nutrientes y pueden incluir o no diferentes tipos de filtros biológicos^{20,24}.

Los sistemas de tratamiento biológicos se pueden dividir en sistemas con microorganismos que crecen en la superficie (filtros de percolación, discos biológicos rotatorios y filtros anaerobios). O bien sistemas con microorganismos que crecen en suspensión (lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas de oxidación, digestores anaerobios y lagunas aerobias de alta velocidad, que son las más abundantes en México. Tanto el tratamiento aerobio como anaerobio de las excretas porcinas, reducen la emisión de olores en un 75-86%. Sin embargo el tratamiento aeróbico es más costoso que el anaerobio²⁴.

Ensilaje

La cerdaza es utilizada como un ingrediente más en la nutrición animal, principalmente por su elevado contenido de minerales, aminoácidos y nitrógeno no proteínico, los cuales representan su mayor riqueza, sin embargo, la mínima concentración de energía que posee, hace necesario la adición de una fuente de carbohidratos de fácil degradación como la melaza y grano molido al ensilar las excretas⁶.

El proceso de ensilaje tiene su origen desde la antigüedad y se emplea para conservar granos destinados al consumo humano. Posteriormente se empleó para preservar el forraje dado a los animales. Actualmente se le evalúa como alternativa para conservar la cerdaza y usarla en épocas de poca disponibilidad de alimentos¹⁰. Cuando el ensilaje se lleva a cabo correctamente, el producto final es bien aceptado por los animales, se pierden pocos nutrimentos y se destruyen o disminuyen las bacterias, virus y microorganismos patógenos^{10, 24, 34, 37}. Además se controlan los olores y son utilizados tanto los líquidos como los sólidos. La desventaja radica en que se requiere de más mano de obra y de una mayor infraestructura como equipo para transportar las excretas al silo y realizar otras operaciones³⁴.

La cerdaza se puede ensilar con cualquier tipo de forraje: fresco, rastrojo, pajas, frutas, etcétera^{5,7}. Cuando se utilizan materiales fibrosos con baja cantidad de carbohidratos fermentables, los niveles de cerdaza varían desde 10 hasta 30% y los de forraje desde 40 hasta 60%. Es necesario adicionar de 20 a 30% de melaza y en algunas ocasiones de 1 a 3 % de urea para aumentar el contenido de nitrógeno en la ración⁷.

Al someter las excretas de cerdo a un proceso de ensilaje, el pH ácido disminuye el número de unidades formadoras de colonias (UFC), de bacterias patógenas, sin embargo, persisten bacterias del género *Clostridium*^{10, 11, 20, 38, 39}.

1.7 Fermentación durante el ensilaje

La metodología del ensilaje, también ha sido utilizada como un método económico para tratar de aprovechar las excretas animales¹². La cerdaza puede ser mezclada con melaza, fibras (pajas y rastrojos) y urea, obteniéndose ensilados de estiércol libres de microorganismos potencialmente

patógenos^{10, 37}. El ensilaje de estiércol de animales puede también ofrecer ventajas, tales como la aceptabilidad del animal, abatir problemas de contaminación y disminuir los costos de alimentación^{6, 5, 10, 23}.

Sea cual sea la combinación, lo que se busca con la fermentación de diversos ingredientes es la obtención de un producto alimenticio que tenga las siguientes características:

1. Porcentaje adecuado de proteína cruda en función a las necesidades de los animales.
2. Mayor porcentaje de Lactobacilos.
3. Producción adecuada de ácidos grasos volátiles (AGV) con especial énfasis en el ácido propiónico³¹.

En el forraje usualmente se establece la fermentación láctica o primaria, en la cual las bacterias lácticas generan ácido láctico y acético, a partir de carbohidratos solubles presentes en esa materia prima. Como consecuencia se reduce el pH a un nivel que impide la fermentación por Clostridia, también llamada secundaria, esta debe evitarse a toda costa ya que en ella el ácido láctico, los azúcares, las proteínas y los aminoácidos, son metabolizados para formar ácido butírico, ácidos grasos superiores, aminas, amidas y amoníaco, produciéndose un ensilado de inferior calidad, que los animales, principalmente los rumiantes, difícilmente consumen. La calidad de la fermentación, normalmente es juzgada por la relación entre los productos de la primera y segunda fermentación^{10, 31}.

Después de realizado el ensilaje, sigue un período corto de respiración (4-20 días) y calentamiento (40-60°C), derivado del oxígeno presente entre las partículas prensadas. Al consumirse este oxígeno, se presenta una fermentación acética por bacterias anaerobias descendiendo la temperatura y el pH. Estos organismos anaeróbicos son de dos tipos principales a) los que degradan nitrógeno tanto proteico como NNP, produciendo aminas, aminoácidos libres y amoníaco, y b) los que fermentan carbohidratos produciendo ácido láctico y AGV, principalmente acético, propiónico y butírico. La producción de estos ácidos tiende a disminuir el pH hasta valores de 3.5 – 4, en estos niveles de acidez, se detiene toda la actividad enzimática incluso la de las bacterias lácticas, cuyo producto de fermentación de los carbohidratos (ácido

láctico), es el que se ha relacionado principalmente con la acidificación y conservación del material ensilado³¹.

1.8 Investigaciones realizadas empleando excretas de cerdo

El uso de las excretas de cerdo en la alimentación de la misma especie ha sido poco evaluado y los resultados han sido variables.

En la mayoría de los casos su utilización no ha sido rentable por los altos costos de los combustibles para secarlas y poderlas incorporar a la dieta. Cuando se utilizan frescas, el problema es el manejo, la palatabilidad y la descomposición. También hay que tomar en cuenta que los nutrimentos que aparecen en las excretas, son aquellos que no fueron digeridos por los cerdos, por lo que su reutilización en ellos mismos es baja⁵.

Estudios realizados sobre la utilización de cerdaza en la alimentación de cerdos demuestran una reducción en sus parámetros productivos. Diggs, *et al.*(1965)⁴⁰, encontraron que la cerdaza seca recién recolectada de los corrales, pudo utilizarse hasta en un 15% de inclusión en dietas de cerdos en engorda sin deprimir los parámetros productivos. Sin embargo, niveles de inclusión mayores afectaron la conversión alimenticia. Posteriormente Harmon, *et al.* (1971)⁴¹, encontraron resultados favorables utilizando las excretas como parte de la alimentación de cerdos de la misma forma Kornegay, *et al.*(1979)²⁶ evaluaron la utilización de heces de cerdo, alimentaron cerdos sustituyendo 21.7 y 37.3 % de una dieta basada en maíz y harina de soya, y observaron que la cantidad de proteína total y nitrógeno no proteico en las heces de los cerdos alimentados con excretas, fueron mayores que en las heces de animales que consumieron la dieta testigo; la digestibilidad de los nutrientes disminuyó cuando se incrementó el nivel de cerdaza en la ración.

Orr, *et al.*(1973)²⁷ demostraron que las excretas frescas de cerdo, utilizadas para alimentar cerdos, no produjeron rendimientos satisfactorios cuando fueron incluidas en el total de la ración. Hugh, *et al.* (1977)mencionados por Campabadal (1995)⁵, evaluaron la utilización de excretas sólidas en la alimentación de cerdos en finalización desde los 41 a 84 kg de peso, encontraron que aún cuando las dietas con cerdaza fueron aceptadas por los cerdos y el consumo fue mayor, la ganancia de peso y la conversión alimenticia fue significativamente menor en los grupos que

consumieron excretas de cerdo. García⁴² ofreciendo ensilados de sorgo como dieta control y ensilado de sorgo más cerdaza en la dieta experimental a cerdos en desarrollo, observó que el consumo de alimento fue mayor en la dieta experimental, así como la conversión alimenticia; pero la ganancia diaria de peso fue mayor para el lote control, siendo el costo por kg de cerdo mayor para los alimentados con la dieta que contenía ensilado de cerdaza. Este grupo de investigadores concluyó que no existió ventaja biológica, ni económica, por la utilización de la cerdaza.

En un experimento realizado por Ochoa, *et al.*(1972), citado por Ramírez (1990)⁷ alimentaron borregos en crecimiento con dietas que contenían 10, 20, 30, 40 % del total (base húmeda) de excretas, constituidos por gallinaza y heces frescas de cerdo en igual proporción, obtuvieron una ganancia diaria de peso de 205 g y conversiones alimenticias similares entre tratamientos; observaron que los consumos tendieron a disminuir al exceder la proporción de heces, el 20% de la ración.

En una prueba con ensilados hechos a base de heces de cerdo y heno de pasto ovillo o grano de maíz, Berger *et al* (1981b)⁹ obtuvieron adecuadas características fermentativas con 60% o menos de heces, pero al incrementar esta proporción, los ensilados mostraron un olor ofensivo y hubo problemas en su manejo. La digestibilidad de la materia orgánica de los ensilados adicionados con grano de maíz, fue mayor que con el heno de pasto ovillo, pero menor que la del tratamiento testigo a base de heno y harina de soya, y la palatabilidad disminuyó cuando el contenido de heces en los ensilados excedía de 40%. En otro estudio Tinnimit *et al.*(1972)²⁹ señalaron incremento en la digestibilidad de la materia seca y proteína cruda en corderos, cuando la materia seca fue sustituida por excreta de cerdo, en un 32.4 %.

Ramírez y Rodríguez (1985) citado por Ramírez (1990)⁷, lograron buenos ensilados de excreta de cerdo con rastrojo de maíz y melaza, utilizaron proporciones de 10, 20 y 30 % de heces, los cuales tuvieron una digestibilidad *in situ* de 60, 70 y 73 % para la materia seca; los resultados obtenidos sugirieron la consideración de estos ensilados como una alternativa en la alimentación de rumiantes.

Orozco, *et al.*(1998)⁴³, alimentaron a ovinos con diferentes porcentajes de inclusión (0, 15,30 y

45%; base MS) de cerdaza fresca o ensilada en la dieta, observaron que la proporción soluble de la MS fue mayor al nivel 15% y la porción no degradable de la MS fue aumentando, al mismo tiempo que el nivel de cerdaza se incluía en la dieta; concluyeron que el aumento en el nivel de cerdaza en esa dieta, causó efectos detrimentales en la degradación de sus componentes en pequeños rumiantes.

Ramírez (1990)²⁷ evaluó en borregos en crecimiento, ensilajes de rastrojo de maíz con tres niveles de cerdaza (10,20,30%), obteniendo adecuados resultados pero aún mayores cuando los animales fueron implantados, las mayores ganancias de peso se presentaron en los animales alimentados con un 30 % de ensilado de excretas de cerdo e implantados seguido por los animales que solo consumieron 30% ensilado de cerdaza sin ser implantados.

Meza, *et al* (1997)⁴⁴, evaluaron el comportamiento de ovinos alimentados con 0, 20 y 40 % de ensilado de cerdaza (en base seca), observaron que existió diferencia ($P < 0.05$) en el consumo de materia seca por Kg de peso metabólico, siendo menor para los corderos que eran alimentados con 40 % de ensilado de cerdaza. En cambio, no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) entre tratamientos, en cuanto a la ganancia de peso y eficiencia alimenticia. Asimismo, en la variable peso final no se observó diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Sin embargo estos investigadores concluyeron que es necesario realizar mayor experimentación para evaluar métodos de proceso o tratamiento, que mejoren la utilización de la cerdaza. La gran variabilidad en resultados y los pobres rendimientos productivos en la alimentación de cerdos, presentaron a la cerdaza como un ingrediente para utilizarse únicamente en rumiantes, por su capacidad a nivel ruminal de utilizar nutrimentos provenientes de carbohidratos no digeridos y de nitrógeno no proteico. Cabe recordar que los microorganismos del rumen pueden utilizar compuestos tales como nitrógeno no proteico, ácidos nucleicos de la proteína unicelular, carbohidratos estructurales y solubles, de los granos que no alcanzan a digerir los cerdos. Estos compuestos los transforman en proteína microbiana, ácidos grasos volátiles y otros nutrimentos que utilizan los rumiantes para funciones metabólicas⁵.

1.9 Microbiología ruminal.

El alimento que entra al rumen de los ovinos es degradado por un ataque microbial. Esto permite que los rumiantes puedan utilizar material fibroso de las plantas que no puede ser digerido por animales no rumiantes. En el rumen el medio es anaeróbico y ligeramente ácido, tiene un pH de 5.5-6.8. También contiene CO₂ disuelto y bicarbonato, NH₃ y AGV. Los ácidos grasos son absorbidos a través de la pared ruminal, y son la principal fuente de energía para los rumiantes. Los rumiantes producen grandes cantidades de saliva que contiene fosfato y bicarbonato a un pH alrededor de 8.2, que amortigua los AGV producidos en el rumen y mantiene un pH adecuado para el crecimiento de bacterias y protozoarios. El CO₂ es producido principalmente por la fermentación de carbohidratos, por su parte el NH₃, es derivado de la digestión de la proteína y urea^{45, 46}.

Microorganismos ruminales.

Existe en el rumen gran variedad de microorganismos entre los que destacan bacterias, protozoarios ciliados, protozoarios flagelados, levaduras, hongos anaeróbicos, micoplasmas y bacteriófagos. En términos de biomasa, actividad metabólica y número, las bacterias son generalmente predominantes, se ha encontrado en el rumen un número alrededor 10¹⁰ 10¹¹ células /gramo de contenido ruminal. Para clasificar a las bacterias el principal método se basa en el tipo de sustrato que estas pueden degradar y en el producto final de la fermentación. Según este método de clasificación, se conocen ocho grupos diferentes de bacterias ruminales basados en la utilización de la celulosa, hemicelulosa, almidón, azúcares, ácidos intermedios, proteína, lípidos, productoras de metano, pectina, productoras de amoníaco. La mayoría de las especies son capaces de fermentar varios sustratos^{45, 46}.

En el rumen se encuentra gran número de protozoarios ciliados alrededor de 10⁵ a 10⁶ células/ml de contenido ruminal, mientras que las especies flageladas están presentes 10³ a 10⁴ células/ml de contenido ruminal. Se ha estimado que los protozoarios comprenden alrededor del 2 % del peso del contenido ruminal, 40% del nitrógeno microbial total y 60 % de los productos de la fermentación microbial. La masa de protozoarios en el rumen puede ser igual o más que las bacterias del rumen, debido a su gran tamaño comprenden hasta el 50% de la biomasa. Por otro

lado los protozoarios ciliados pueden estar ausentes^{45, 46}.

La biomasa de los hongos anaeróbicos es difícil de determinar debido a su íntima asociación con el alimento., se han estimado que aproximadamente constituyen el 8%. Hay otras familias microbiales menos predominantes, de las cuales se encuentran más de 26 diferentes morfotipos de bacteriófagos, observándose en número hasta 10^8 /ml. Pero las principales familias que comprenden la biomasa microbiana y llevan a cabo la fermentación del alimento, son las bacterias, protozoarios ciliados y hongos anaeróbicos^{45, 46}.

Degradación de Proteína

Se realiza por muchas especies de bacterias ruminales, protozoarios y hongos. Cantidades substanciales de AGV son derivados de la fermentación de aminoácidos. Los principales productos son acetato, butirato, y ácidos grasos de cadena ramificada, valerato, isobutirato, isovalerato y 2- metilbutirato. Con relación a aminoácidos esenciales, valina , leucina e isoleucina son convertidos en ácidos grasos de cadena ramificada , isobutirato, isovalerato y 2- metilbutirato, por desaminación oxidativa y descarboxilación^{45, 46}.

Metabolismo de nitrógeno en el rumen

La intervención de la población microbiana en la síntesis proteínica del rumen puede ser considerada benéfica o detrimental dependiendo de las condiciones dietarias. Si la proteína es baja, la capacidad de esa población para formar proteína a partir de NNP y nitrógeno inorgánico, puede ser valiosa, por la reutilización de nitrógeno no proteínico, particularmente urea, a través de la saliva, o por el reciclaje de urea directamente de sangre hacia el rumen, donde se hidroliza rápidamente en amoníaco y se incorpora a la proteína microbiana^{45, 46}.

1.10 Usos de planta de maíz.

En la presente investigación se contempla el uso de la planta de maíz, debido a que es uno de los forrajes básicos para la alimentación de rumiantes en México. Principalmente se utiliza como forraje verde picado o como ensilado. Su rendimiento es elevado, aproximadamente 80 toneladas

de forraje húmedo por hectárea⁴⁷. Es el forraje que más se utiliza en la práctica del ensilaje, de esta forma se preservan los nutrimentos del maíz para la época crítica, la mejor calidad del ensilado se consigue cortando la planta de maíz cuando sus granos pasan del estado lechoso al estado masoso siendo rico en azúcares solubles, lo cual es de utilidad benéfica al combinarla con la fracción sólida de excretas. En cambio, su contenido de proteína es bajo entre 5 y 9 %, el contenido de energía metabolizable es elevado, en tanto que el aporte de minerales depende de la riqueza del suelo⁴⁸. Por tanto esta es una de las principales razones por las cuales es conveniente mezclarlo con la fracción sólida de excretas que son deficientes en carbohidratos solubles, presentan contenidos más elevados de proteína y minerales que el maíz, lo cual hace que su combinación sea conveniente⁴⁹.

Generalmente la composición del ensilaje es semejante al del forraje fresco, pero del 10 al 20% de los nutrientes especialmente los carbohidratos, se pierden durante el proceso⁵⁰.

1.11 Usos de melaza en ensilados de excretas.

La melaza es un subproducto de la fabricación de la caña de azúcar que se utiliza como saborizante y aglutinante en las raciones; también se utiliza para la producción de alcohol. El valor nutritivo de la melaza se debe principalmente a que contiene 55% de azúcares solubles, es muy pobre en proteínas y estas no son digestibles. Su olor y sabor agradan tanto a los rumiantes, que al mezclarla con forrajes toscos incrementa su consumo. En la alimentación de rumiantes el uso de la melaza está muy extendido, por ser considerado un ingrediente económico^{47,48}. En bovinos de engorda en corrales, se utiliza hasta un 50% de melaza en la ración, por el menor incremento calórico de los azúcares que contiene (sacarosa: glucosa y fructosa), comparado con el de los almidones. En la elaboración de ensilado, tienen gran importancia ya que colaboran con la disponibilidad de carbohidratos solubles para que se produzca la fermentación láctica⁵¹.

Un experimento realizado por Kamra y Srivastava (1994)⁵² con melaza al 0, 2.5, 5.0 y 10 % adicionada a una mezcla que consistía de 80 partes de excretas de cerdo y 20 % de paja de trigo, en base fresca, cada una de las mezclas fue inoculada con 1% de *Lactobacillus plantarum* y *Streptococcus faecalis*. Después de un período de 20 días de fermentación, disminuyó el pH en todos los ensilados, pero la disminución fue menor en los ensilados sin melaza, inhibiendo la

producción de ácidos grasos volátiles y estimulando la síntesis de ácido láctico durante la fermentación. El nivel de melaza al 5 % de la mezcla, fue el mínimo para producir un ensilado de buena calidad. Sin embargo Cobos (1987)³¹ elaboró ensilados con diferentes inclusiones de melaza, 10,20,30 y 40%, con excretas de bovino, los resultados indicaron que la inclusión de melaza tendió a cambiar el tipo de fermentación entre los ensilados. Los que incluyeron menor contenido de melaza, se caracterizaron por una mayor concentración de ácido láctico, pH entre 3 y 4 y una proporción molar acético: propiónico : butírico, similar a la que se tiene en rumiantes alimentados a base de forrajes o ensilado de maíz con buena cantidad de carbohidratos solubles. Los ensilados con mayor contenido de melaza, presentaron menor contenido de ácido láctico, pH superior a 4 y una proporción molar acético: propiónico : butírico, indicadora de una fermentación acético -butírica, este tipo de fermentación es causada por diferentes especies de Clostridios, tanto sacarolíticos, como aminolíticos, los cuales a partir de glucosa y ácido láctico producen ácido butírico, ácido acético, CO₂ y amonio (NH₄), estos últimos incrementan el pH por lo que el resultado es un ensilado menos ácido. Por tanto este autor recomendó no incluir más del 20% de melaza en el ensilado.

Otros autores mencionan que ensilados con cerdaza son deficientes en energía, por lo cual se debe adicionar una fuente de carbohidratos de fácil degradación^{5, 6}. Los materiales a ensilar deben contener como mínimo 6-8% de carbohidratos solubles (CS) con relación a la materia seca, para producir una cantidad suficiente de ácido láctico^{10, 53}. Cuando la planta a ensilar no contiene la cantidad suficiente de CS, no se produce la concentración deseable de ácido láctico, para evitar la alteración del ensilado (fermentación por clostridia); por otra parte, cuando el forraje tiene una cantidad excesiva de azúcares se forma demasiado ácido láctico o alcohol en el ensilado, lo cual resulta poco apetecible para el animal, y por consecuencia, se reduce el consumo de MS^{47, 48}. En mezclas de estiércol de cerdo, paja de trigo y melaza, Iñiguez (1991)¹⁰ obtuvo más del 6% de carbohidratos solubles en agua (CSA base seca), lo cuál se consideró como un mínimo para una buena fermentación láctica, de este tipo de ensilado. En la elaboración del ensilado de maíz, debe tomarse en cuenta que del 10 al 20% de los nutrientes, especialmente los hidratos de carbono (glucosa, sacarosa y fructosa), se pierden durante el proceso⁵⁰, esto mismo es posible que suceda en un ensilado con melaza y excretas⁵⁰.

1.12 Justificación.

En el país hay un porcentaje de granjas que cuentan con la infraestructura para tratar y procesar las excretas porcinas, sin embargo uno de los principales problemas a los que se enfrenta esta actividad y en general la industria pecuaria, es la inadecuada eliminación de las excretas, así como el elevado costo y poca disponibilidad de los insumos para alimentación, ya que en algunos casos los animales domésticos compiten con los humanos por granos y fuentes vegetales de proteína. El aprovechamiento de las excretas de cerdo en la nutrición de los ovinos, puede contribuir al suministro de nutrientes necesarios para la población humana, principalmente en los países en los que es insuficiente la producción de granos, como México. Mezclando las excretas con planta de maíz y melaza, se puede elaborar un ensilado que satisfaga las necesidades de las ovejas en crecimiento, como un forraje de buena calidad. El ensilaje es un método económico que ayuda a conservar los alimentos. Por tradición el forraje que se utiliza para ensilar es el maíz, adicionado de una pequeña cantidad de melaza como fuente de carbohidratos solubles, sin embargo, el ensilado resultante es bajo en proteína la cual puede incrementarse mediante la adición de excretas. Al ensilar las excretas mejora su olor, aumenta su ingesta, disminuye la concentración de bacterias y parásitos patógenos, que en forma natural se encuentran en este subproducto, de esta forma se reduce la posible transmisión de enfermedades y disminuyen los problemas de contaminación.

Si se demuestra que el ensilaje de excretas tiene ventajas sobre la utilización directa de las excretas en las raciones de corderas en crecimiento, se presentará una alternativa rentable para que otras granjas implementen estos sistemas como alternativa para incrementar la producción de carne, importante para la población. Por otra parte, el uso de las excretas de cerdo mediante este proceso, reducirá la cantidad de granos y fuentes vegetales de proteína que actualmente se utilizan en las raciones de los animales, disminuyendo los costos de producción por alimentación y sobre todo, reduciendo los riesgos de contaminación.

1.13 Hipótesis

La adición de la fracción sólida de excretas de cerdo ensiladas con maíz y melaza en la ración de corderas en crecimiento, modifica de manera positiva los parámetros productivos en comparación a un grupo igual de corderas que reciben similar cantidad de ensilado tradicional de planta de maíz en su dieta.

Si se considera el ensilado elaborado a partir de excretas de cerdo, planta de maíz y melaza como una fuente rica en nutrientes y a bajo costo, entonces su incorporación en raciones para corderas en etapa de desarrollo permitirá una disminución en los costos de alimentación sin afectar el comportamiento productivo.

1.14 Objetivo

Evaluar los parámetros de producción: ganancia de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia y costo por kg de cordera producida por concepto de alimentación, en dos grupos de corderas destetadas con una edad de 68.21 ± 10.81 , alimentadas con ensilados, uno con base en la parte sólida de excretas de cerdo, maíz planta completa picada, y melaza más concentrado, comparándolos con otro grupo que se alimentará con base en ensilado de maíz más concentrado, en raciones con similar aporte nutritivo.

2.MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Ubicación Geográfica

El presente estudio se realizó en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril (C.E.I.E.P.A.S.P.), perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); localizado en el municipio de Chapa de Mota, Estado de México; con un clima semifrío y húmedo con lluvias en verano, precipitación pluvial de 1000 a 1200 mm, en 19° 48 52" de latitud norte y a los 99° 31 50" al oeste del meridiano de Greenwich, con un rango de temperatura promedio de 14 a 16°C, altura de 1800 metros sobre el nivel del mar y un periodo de heladas de 60 a 80 días, en la época invernal⁵⁴.

2.2 Elaboración de los ensilados y dietas

Se realizaron dos ensilados, el control elaborado con base en la planta de maíz (100%) y el experimental con la fracción sólida de excretas de cerdo (30 %), planta de maíz (65 %) y melaza (5%). Para la elaboración de los dos ensilados se utilizó la planta de maíz en un estado fenológico lechoso-masoso como especifica la literatura, la planta fue picada con un tamaño de partícula de 2 a 3 cm aproximadamente. La fracción sólida de las excretas de cerdos que se empleo fue de todas las etapas de producción provenientes del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP) de la FMVZ, el cual cuenta con un sistema de recolección de excretas y separación de sólidos (tipo cascada), localizada en Jilotepec, Estado de México. A la melaza se le agregó agua para poder tener un manejo fácil en una relación 1:1. Los ingredientes se colocaron en un silo aéreo tipo bunker con muros de mampostería, el ensilado se llevo a cabo en capas, depositando inicialmente una capa de planta de maíz y posteriormente se colocó una capa de cerdaza sólida, se mezclaron homogéneamente, se apisonó perfectamente y se agregó la melaza en toda la superficie repitiéndose la operación hasta terminar el proceso y por último se cubrió con una capa de plástico negro, evitando la entrada de aire. Para el ensilado de planta de maíz se llevaron a cabo los mismos procedimientos siendo este

el único ingrediente. Después de 45 días se abrió el silo y se colectaron muestras de los dos ensilados, las características de olor y color fueron agradables. Se colectaron muestras de cinco lugares diferentes que fueron mezclados para hacer una muestra contractual⁵⁴, y realizar el análisis químico proximal (AQP) y el análisis de Van Soest (paredes celulares) en el laboratorio del Departamento de Nutrición de la FMVZ de la UNAM de acuerdo a los métodos de la Association Official Analytical Chemist (AOAC)⁵⁵. Con los resultados obtenidos (Cuadro 4) se formularon los concentrados para cada tratamiento (Cuadro 5).

Cuadro 4. Análisis químico proximal y de Van Soest correspondiente al ensilado de planta de maíz y el ensilado de planta de maíz con cerdaza y melaza.

| | ENSILADO DE EXCRETA DE CERDO | ENSILADO DE PLANTA DE MAÍZ |
|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Materia Seca % | 27.22 | 25.23 |
| Proteína Cruda % (nitrógeno* 6.25) | 9.46 | 5.78 |
| Extracto Etéreo % | 3.91 | 3.41 |
| Cenizas % | 7.40 | 7.18 |
| Fibra Cruda % | 22.84 | 26.46 |
| Extracto libre de N % | 56.40 | 57.17 |
| T.N.D. % | 68.73 | 67.35 |
| E. M.Kcal/kg | 2484.41 | 2434.80 |
| Ca % | 0.62 | 0.64 |
| P % | 0.26 | 0.85 |
| Cu ppm | 6.00 | 3.0 |
| Paredes Celulares % | 60.10 | 63.93 |
| Contenido Celular % | 39.90 | 36.04 |
| Fibra Acido Detergente (FAD) | 40.00 | 41.96 |
| Lignina % | 11.74 | 8.22 |
| Celulosa % | 24.74 | 28.84 |
| Hemicelulosa % | 20.10 | 22.00 |

Las dietas se balancearon de acuerdo a los requerimientos de los animales (peso y etapa de producción: de 10 a 20 kg con un potencial de crecimiento rápido) como se marcan en el National Research Council (NRC)⁵⁶ formulando las dietas isoproteicas e isoenergéticas (Cuadro 6), los aportes de nutrientes de cada dieta se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 5. Porcentaje de inclusión de ingredientes en los concentrados

| Ingrediente | Dieta testigo | Dieta experimental |
|--------------------|----------------------|---------------------------|
| Pasta de soya | 52.2 | 51.33 |
| Sorgo molido | 41.6 | 43.12 |
| Fosfato dicálcico | 4.33 | 3.66 |
| NaCl Iodada | 1.83 | 1.83 |
| TOTAL | 100 | 100 |

Cuadro 6. Ración ofrecida en Base seca

| Ingredientes | Dieta testigo | Dieta experimental |
|---------------------|----------------------|---------------------------|
| Ensilado | 50.0%* | 60.0%** |
| Grano de Sorgo | 26.1% | 20.50% |
| Pasta de soya | 20.8% | 17.20% |
| NaCl Iodada | 0.90% | 0.70% |
| Fosfato dicálcico | 2.16% | 1.50% |

*elaborado con planta de maíz (100%)

**contiene 30% de la fracción sólida de las excretas de cerdo, 65% de planta de maíz y 5% de melaza.

2.3 Instalaciones.

Se utilizaron dos naves del CEIEPASP, cada una con techo de dos aguas, con paredes de concreto en su interior existen 20 corrales. Cada corral mide 3.92 m x 1.55 m, contando con un comedero y bebedero tipo canoa de concreto; existe una toma de agua por cada dos corrales, cada corral tiene puerta, y el marco es de metal protegido con malla ciclónica. Para llevar a cabo la prueba de alimentación se alojó a los animales en corrales de forma individual. Previo al periodo experimental las instalaciones fueron desinfectadas.

Cuadro 7. Análisis de dietas ofrecidas a las corderas en Base Seca

| NUTRIENTES | CONCENTRADO + ENSILADO PLANTA DE MAÍZ | CONCENTRADO +ENSILADO DE MAÍZ +CERDAZA |
|---|--|---|
| Materia seca % | 44.45 ± 4.93 | 46.57 ± 5.99 |
| Humedad % | 55.55 ± 4.92 | 53.43 ± 5.99 |
| P. C. % (nitrógeno* 6.25) | 21.96 ± 1.69 | 20.39 ± 1.03 |
| Extracto Etéreo % | 5.04 ± 0.86 | 6.97 ± 0.78 |
| Cenizas % | 8.68 ± 0.59 | 7.96 ± 0.26 |
| Fibra Cruda % | 11.11 ± 2.42 | 13.38 ± 6.22 |
| Extracto libre de Nitrógeno% | 53.22 ± 1.94 | 51.30 ± 6.06 |
| T.N.D. % | 84.54 ± 0.36 | 86.87 ± 3.05 |
| E.D. Kcal/ Kg (Aprox) | 3727.15 ± 15.82 | 3830.14 ± 134.35 |
| E.M. Kcal/ Kg (Aprox) | 3056.26 ± 12.97 | 3140.71 ± 110.17 |
| Calcio % | 0.94 | 0.94 |
| Fósforo % | 0.80 | 0.67 |
| Paredes Celulares % | 54.62 ± 2.24 | 55.00 ± 2.04 |
| Contenido Celular % | 45.38 ± 2.24 | 45.01 ± 2.04 |
| Fibra ácido detergente % | 22.52 ± 1.63 | 24.52 ± 5.48 |
| Lignina % | 5.47 ± 1.25 | 7.37 ± 2.89 |
| Celulosa % | 16.69 ± 1.39 | 16.72 ± 3.32 |
| Hemicelulosa % | 32.10 ± 2.99 | 30.48 ± 5.81 |

2.4 Animales¹

Se utilizaron 24 borregas criollas* destetadas a los 68.21 ± 10.81 días de edad, con un peso promedio de 10.72 ± 2.60 . Después del pesaje inicial durante el periodo de adaptación los animales se distribuyeron aleatoriamente en los tratamientos.

2.5 Manejo de las corderas antes del experimento

Al nacimiento se desinfectó el cordón umbilical de las corderas con yodo, se mantuvieron con la madre, cuidando que consumieran calostro, después se identificaron de forma temporal; 15 días después fueron identificadas de forma permanente y al mes de edad, durante el periodo de lactancia, salieron al bosque a buscar su alimento, durante un mes. Posteriormente las corderas se destetaron y permanecieron estabuladas. Antes del inicio del periodo experimental se desparasitaron a los animales contra endoparasitos, vitaminándose y permaneciendo durante un periodo de adaptación de 14 días durante los cuales consumieron la ración que se les asignó aleatoriamente, más sales minerales (Cuadro 12) y agua *ad libitum*.

2.6 Alimentación

La fase experimental tuvo una duración de 56 días (dividido en 4 periodos de 14 días). Un grupo recibió la dieta testigo (Cuadro 6) elaborada con un 50% de ensilado de planta de maíz y un concentrado, basado en sorgo, pasta de soya, sal y fosfato dicálcico, mientras al otro grupo se proporcionó la dieta experimental (Cuadro 5) que consistía en 60% de ensilado (excretas, 30%; maíz picado, 65% y melaza, 5%); y 40% de un concentrado. Se obtuvieron muestras semanales de cada una de las dietas cada vez que se ofreció el alimento, se deshidrataron y al final del experimento se analizaron 4 muestras compuestas por tratamiento, los resultados se muestran en

¹ * Criolla: no presenta características fenotípicas de una raza.

**La hispano mexicana S. A. de C. V. capacidad de 1.50×0.05 kg.

el cuadro 7.

Las corderas fueron pesadas cada 14 días con una báscula electrónica**. Dividiendo este peso entre 14 se estimó la ganancia diaria promedio expresándola en kg/animal/día. El ensilado y el concentrado fueron pesados, mezclados con pala y se administraron una vez al día, a las 12:00 a.m.; después de haber limpiado los corrales, el alimento rechazado y desperdicio de cada corral

²fueron recolectados y pesados, se tomaron muestras durante tres días consecutivos cada semana. Semanalmente se determinó el consumo, se ofreció el 10% adicional de acuerdo al consumo del período anterior. Del alimento ofrecido, rechazo y desperdicio se tomó una muestra de aproximadamente 100 g en ambas dietas*, se le determinó la humedad y el porcentaje de materia seca, en estufa a 60 °C durante 24 horas**, calculando así el consumo de MS diaria. El consumo de MS por kg de peso metabólico se calculó elevando el peso de los animales a la .75 de potencia y dividiéndolo en los kg de MS consumidos. La conversión alimenticia se calculó con el cociente de los kg de MS consumidos por kg de ganancia de peso, en cada período.

2.7 Análisis Químicos

El contenido de humedad de las muestras fue determinado mediante secado de las muestras a 50 °C durante 48 horas. La fibra cruda (FC), nitrógeno total Kjeldahl, extracto etéreo (EE) y cenizas (C) fueron determinados mediante los procedimientos del AOAC (1980)⁵⁵, se utilizó el factor 6.25 para convertir nitrógeno kjeldahl a proteína cruda (PC). Se utilizó el análisis de paredes celulares o de Van Soest para determinar el contenido de fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), así como las fracciones de la fibra.

² *Báscula Tororey modelo EQ 5/10, con una capacidad de 5×0.001 kg, Hecho en México.

**Horno para secar y esterilizar, modelo H-45 hecho en México.

2.8 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos (dietas) y doce repeticiones cada uno⁵⁷. Los resultados de consumo de MS, gramos de MS consumida /kg de peso metabólico, ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia, se sometieron a la prueba de comparación de medias utilizando el procedimiento t-student (TTEST) del paquete S.A.S⁵⁸

Una observación se puede representar con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij} \quad \begin{array}{l} i=1,2 \dots t \\ j=1,2 \dots r \end{array}$$

Y_{ij} = Variable respuesta en tratamiento i, repetición j.

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i

E_{ij} = Error aleatorio

$E_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

3. RESULTADOS

Consumo de materia seca (CMS):

El CMS en kilogramos por animal/día y en gramos por kilogramos de peso metabólico (CPM) por animal/día, se presenta en el Cuadro 8 y 9. El CPM fue mayor en el tratamiento con ensilado de maíz, excreta de cerdo y melaza ($P < 0.05$) a partir del tercer período y en el consumo total o acumulado (Figura 3.1). En las corderas que recibieron ensilado de maíz, excreta de cerdo y melaza el CPM fue de 95.21g MS/kg de peso metabólico (PM), y en las corderas que consumieron ensilado de maíz sin excreta fue 87.08g MS/kg de PM (Figura 3.2).

Ganancia diaria de peso (GDP):

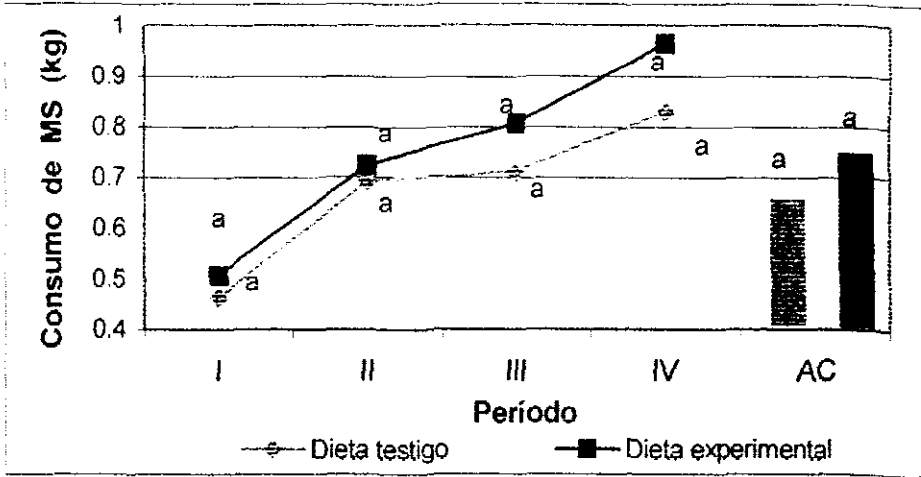
Existió una mayor ganancia de peso ($P < 0.05$) en las corderas alimentadas con la dieta ensilado de maíz, excreta de cerdo y melaza en comparación con las corderas alimentadas con la dieta testigo, durante el período cuatro (Figura 3.3); la ganancia de peso acumulada tendió a ser mayor ($P = 0.06$) en las corderas alimentadas con la dieta experimental (229 g d^{-1}), comparada con las corderas alimentadas con la dieta testigo (206 g d^{-1}) (Cuadro 10).

Conversión Alimenticia (CA):

En ningún período se apreció diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 11) con respecto a la CA (Figura 3.4).

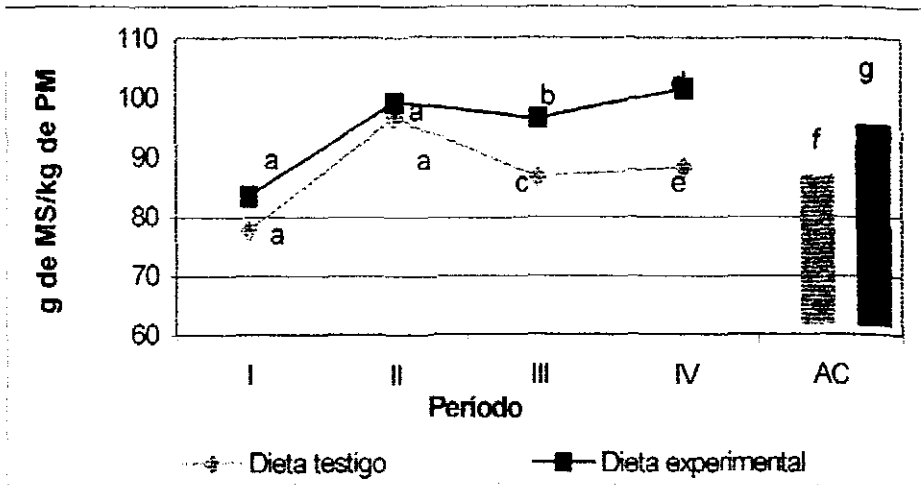
Costo por kg de corderas producido por concepto de alimentación:

El costo por kg de cordera producido para las corderas alimentadas con la dieta experimental fue menor, considerando solamente el insumo de alimento (Cuadros 13 y 14).



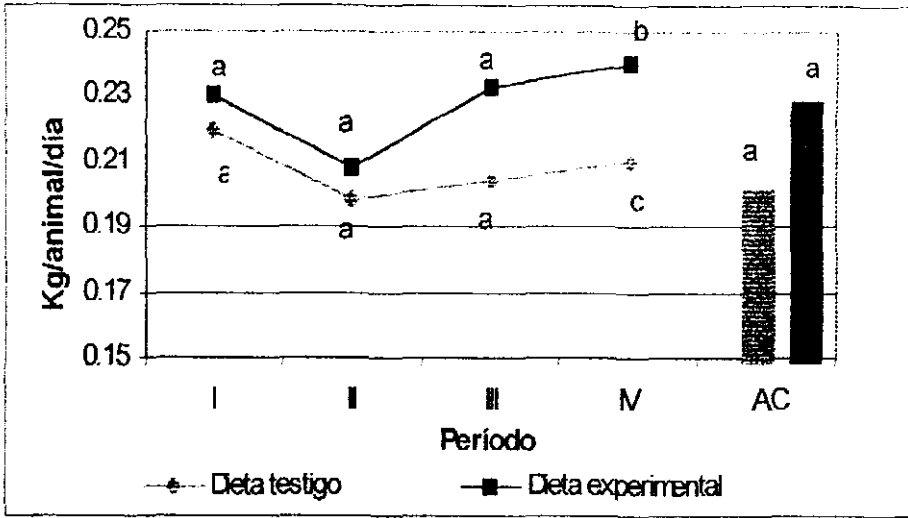
Distinta literal por periodo indica diferencia ($P < 0.05$).
 AC = promedio de los cuatro periodos.

Figura 3.1. Consumo de Materia Seca (MS) en corderas alimentadas con la dieta testigo (ensilado de maíz) y la dieta experimental (ensilado de maíz, cerdaza y melaza).



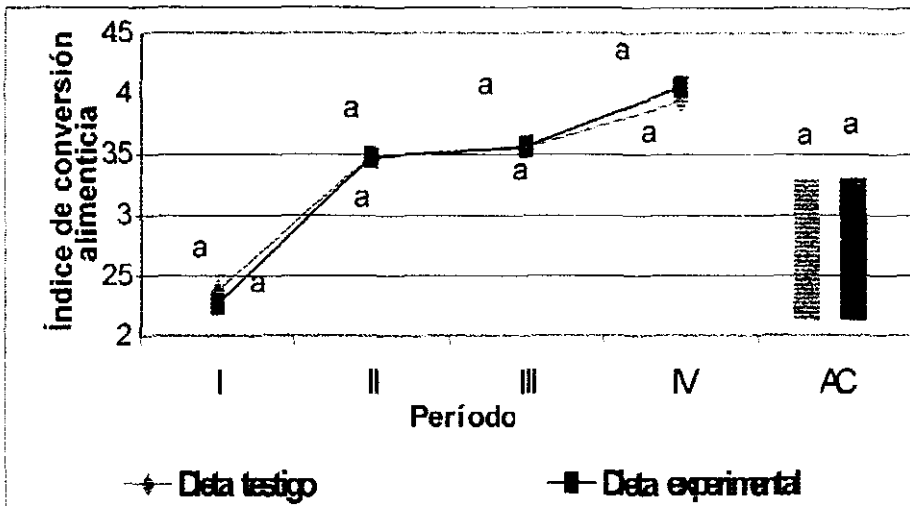
Distinta literal por periodo indica diferencia ($P < 0.05$).
 AC = promedio de los cuatro periodos

Figura 3.2. Consumo de Materia Seca (MS)/ kg de peso metabólico (PM) en corderas alimentadas con la dieta testigo (ensilado de maíz) y la dieta experimental (ensilado de maíz, cerdaza y melaza).



Distinta literal por periodo indica diferencia ($P < 0.05$).
AC = promedio de los cuatro periodos.

Figura 3.3. Ganancia diaria de peso en corderas alimentadas con la dieta testigo (ensilado de maíz) y la dieta experimental (ensilado de maíz, cerdaza y melaza).



Distinta literal por periodo indica diferencia ($P < 0.05$).
AC = promedio de los cuatro periodos.

Figura 3.4. Índice de conversión alimenticia en corderas alimentadas con la dieta testigo (ensilado de maíz) y la dieta experimental (ensilado de maíz, cerdaza y melaza).

4. DISCUSIÓN

En el presente estudio las corderas tenían una edad promedio de 68.21 ± 10.81 días, indicando que todos los animales ya tenían desarrollada la actividad de fermentación rumen-retículo. Lo anterior es relevante si consideramos que el desarrollo funcional de los corderos ha sido dividido en tres fases: no rumiante (del nacimiento a las tres semanas de edad), transición (3 a 8 semanas) y rumiantes (después de 8 semanas)⁵⁹. Lo anterior con base en la actividad de los microorganismos del rumen la cual se caracteriza por la fermentación de diversos nutrientes transformándolos para satisfacer sus necesidades de mantenimiento y producción; estas transformaciones generan amonio, ácidos grasos y otras moléculas⁴⁵. Algunas moléculas se eliminan por el eructo o se absorben a través del epitelio del rumen, aprovechándolas el rumiante para satisfacer sus necesidades de energía o proteína. Al pasar al intestino delgado los microorganismos son digeridos y de esta forma, también contribuyen a satisfacer las necesidades nutricionales del animal⁴⁵.

Consumo de Materia Seca (MS)

El consumo de MS aumentó desde el primero hasta el cuarto período (Figura 3.1) como consecuencia de la edad y el peso del animal. No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en el consumo de MS entre tratamientos. El comportamiento del consumo en las corderas hasta el segundo período, fue similar en ambas dietas, sin embargo en el tercer período, consumieron más las corderas de la dieta con ensilado de maíz, cerdaza y melaza, esta diferencia no fue significativa ($P>0.05$) y se acentuó en el cuarto período, probablemente debido a que los microorganismos del rumen ya estaban adaptados a la dieta de los animales que ingerían excretas de cerdo y de esta manera pueden llevar a cabo un eficiente aprovechamiento de los nutrimentos de las excretas. Este comportamiento fue observado por Quirarte *et al.* (1992)⁶⁰ en becerras Holstein que consumieron en sus dietas excretas de cerdo sin ensilar, comparadas con un grupo que consumió excretas de ave (pollinaza) sin ensilar.

En esta investigación se observó que las corderas que consumieron la dieta experimental

presentaban una mayor preferencia por el ensilado de cerdaza que por el concentrado.

Las cantidades promedio de materia seca consumidas (Cuadro 10) en los dos tratamientos, fueron mayores a las recomendaciones del National Research Council: Nutrient requirements of sheep⁵⁶, el cual recomienda un consumo de materia seca de 600g en animales de 10 a 20kg. Las corderas alimentadas con la dieta experimental consumieron 748 g de MS en comparación con las corderas alimentadas con la dieta testigo 674g de MS. Un factor que pudo haber aumentado el consumo de materia seca en las corderas con la dieta experimental, fue la inclusión de melaza, al respecto, Ceballos (1983)⁵⁰ concluyó, que agregar melaza en un 15% a ensilado de cerdaza (0, 20, 30%) y planta de maíz en corderos que tenían un peso promedio de 21kg, incrementó el consumo siendo mayor en los grupos experimentales. Aunque Ceballos concluye que el agregar melaza al ensilado incrementa el consumo, no puede justificar esto ya que no realizó ninguna comparación con otra dieta a la cual no se le agregara melaza.

Otros autores atribuyen un mayor consumo de materia seca, a la adición de cerdaza al ensilado; Rodríguez citado por Ceballos (1983)⁵⁰ al incluir al ensilaje de maíz, 0, 20 y 30% de cerdaza, obtuvo consumos mayores de 800g en ovejas y una digestibilidad mayor para el grupo que recibía 20% de cerdaza en su dieta, comparado con los de los animales que recibieron 0 y 30% de cerdaza, Harpster, *et al.*(1978)⁶¹ encontraron que cuando se comparó el suministro de ensilado de estiércol bovino con ensilado de maíz (100% de la ración en ambos casos) en borregos, hubo mayor consumo de MS en los animales alimentados con ensilado de estiércol.

Ochoa, *et al.*(1972) citados por Ramírez (1990) alimentaron corderos con ensilados de maíz más excretas de cerdo en las siguientes proporciones; 10, 20, 30 y 40% (base húmeda) y observaron, que la inclusión de excretas de cerdo en la dieta hasta 20%, no disminuyó el consumo. Esto presenta concordancia con los resultados de la presente investigación, ya que las excretas de cerdo se incluyeron en el 20% de la dieta total, y con este porcentaje de inclusión no se vio afectado el consumo de MS.

Consumo de Materia seca por kg de Peso Metabólico (CPM)

En promedio el CPM en los animales de la dieta experimental fue superior ($P < 0.05$) respecto al CPM de las corderas alimentadas con la dieta testigo, siendo de 93.33g CPM y de 87.50g CPM, respectivamente. Sin embargo, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en los dos primeros periodos, pero en el tercer periodo si existió diferencia ($P < 0.05$) en el CPM. En la dieta con ensilado de maíz, excreta de cerdo y melaza, el consumo fue de 96.67g CPM, en comparación con 86.67g CPM en las corderas del grupo testigo; en el cuarto periodo el consumo del grupo experimental fue de 101.67g CPM y de 88.33g CPM en el grupo testigo (Figura 3.2), indicando que el CPM siguió el mismo patrón de adaptación señalado con anterioridad. Meza, *et. al.*(1997)⁴⁴ obtuvieron resultados similares, cuando alimentaron corderos con 0, 20 y 40% de ensilados de cerdaza (base seca) y observaron, que al aumentar la cantidad de excretas sobre un 20% de la dieta total, el consumo de MS por kg de peso metabólico disminuyó; considerando que los corderos que fueron alimentados con un 40% de ensilado de cerdaza consumieron 56.28g CPM y los corderos que consumieron 0 y 20% su consumo fue de 65.3 y 65.9g CPM, respectivamente. El mejor CPM en la investigación de Meza, *et. al.*(1997)⁴⁴, se observó en los animales a los cuales se les ofreció la dieta con 20% de ensilado de cerdaza. Esa cantidad (65.9 g CPM) fue inferior a la de la presente investigación (95.21 CPM), por lo que es importante el balance adecuado de las raciones y el tipo de ingredientes, que componen la dieta total.

Ganancia diaria de peso (GDP)

En la GDP durante los tres primeros periodos, no se observó diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los dos tratamientos (Figura 3.3), sin embargo, en el cuarto periodo se observó una mayor GDP ($P < 0.05$) en los animales que consumieron ensilado de cerdaza (240g), en comparación con los animales del grupo testigo (210g). Esto se debió a que el consumo de MS, proteína cruda (PC) y energía digestible (E.D) fue mayor, ya que los animales consumieron una mayor cantidad de alimento durante los dos últimos periodos, lo anterior probablemente estuvo relacionado a la presencia de melaza. Al respecto, Ceballos (1983)⁵⁰ reporta que las ganancias diarias de peso fueron mayores ($P < 0.05$) en ovinos alimentados con raciones que contenían 10 y 25% de melaza,

en comparación con ovinos que recibieron dietas con 40%. Asimismo, al alimentar borregos con ensilado de maíz sólo o ensilado de maíz más cerdaza (20 y 30%), adicionando 15% de melaza en las tres dietas, observó que los animales que consumieron las dietas con excretas tuvieron una ganancia diaria de 32g/animal/día, en la dieta testigo los animales tuvieron una pérdida de 48g/animal/día; esto se debió a que las raciones no fueron adecuadamente balanceadas, ya que la dieta testigo tenía un menor aporte de proteína y más fibra cruda y su digestibilidad fue menor, en comparación a los otros tratamientos⁵⁰.

Otros investigadores como Meza, *et al.*(1997)⁴⁴ al alimentar a corderos con tres porcentajes de ensilado de excreta en base seca (0, 20 y 40%), obtuvieron ganancias sin diferencias significativas ($P>0.05$) de 191.3, 182.6 y 204.5 g/animal/día, respectivamente. Además, observaron que la mayor ganancia de peso fue para el tratamiento con 20% de ensilado de excretas de cerdo en base seca. Otra causa de una mayor ganancia de peso en los ovinos que recibieron excreta de cerdo, en un 32.4% de su dieta fue la que señalaron Tinnimit, *et al.*(1972)²⁹, observaron un incremento en la digestibilidad de la materia seca y proteína cruda en corderos, cuando la materia seca fue sustituida con esa cantidad de excreta de cerdo. En forma similar, Ceballos (1983)⁵⁰ observó una mayor digestibilidad en corderos que consumieron ensilados que contenían 20% de excretas en base húmeda.

Índice de Conversión Alimenticia

El análisis de la conversión alimenticia no presentó diferencias ($P<0.05$) entre los dos tratamientos, la conversión alimenticia fue de 3.3 kg de alimento por kg de ganancia (3.3 :1) para los dos tratamientos (Figura 3.4). Meza, *et al.* (1997)⁴⁴ reportaron que al alimentar con tres porcentajes de excretas ensiladas (0, 20, 40% base seca), se obtuvieron conversiones de 5.52, 5.51 y 4.56, respectivamente. Colin C.I (1995)⁶² reportó que corderas alimentadas con granos en el período de crecimiento (de 15 a 40 kg), consumieron 800g MS y ganaron 200g ^{d-1}, con una conversión alimenticia de 4 kg de alimento por kg de ganancia de peso. En este experimento las corderas tuvieron un buen índice de conversión alimenticia, en los dos primeros periodos; el primer período, las corderas alimentadas con excreta de cerdo tuvieron una conversión de 2.26 y las corderas alimentadas con la dieta testigo 2.38, en el período dos tuvieron una conversión de

3.47 y 3.49 respectivamente. La principal razón de esta mejor conversión probablemente fue una etapa de crecimiento compensatorio, ya que las corderas estuvieron con cierta restricción alimenticia, antes de iniciar el experimento, durante el invierno los potreros en los que pastoreaban las corderas, debido a fuertes heladas, presentaban mínima cantidad de forraje, por tanto un mes estuvieron sometidas a restricción alimenticia parcial. Algunos autores como Drouillard, *et al.*⁶³ observaron que después de un período de restricción de alimento no se observó crecimiento compensatorio, mientras que investigadores como Kabbali, *et al.*⁶⁴, observaron que las pérdidas de peso durante el período de restricción de alimento, estaban asociadas con altos y más persistentes porcentajes de crecimiento durante el período de compensación.

Tanto la ganancia de peso como el consumo de MS y la conversión alimenticia, se vieron afectados por la etapa de crecimiento de las corderas. Hay autores que mencionan que los rumiantes tienen un crecimiento característico que es representado con una curva sigmoide, la cual está determinada por dos fases: la prepubertad donde se presenta un crecimiento acelerado y la fase postpubertad donde se observa una disminución en el crecimiento. La primera es resultado de la hiperplasia e hipertrofia celular y de factores ambientales, los cuales impulsan el crecimiento y desarrollo animal, y la segunda, donde se observa que la aceleración del crecimiento disminuye progresivamente, lo cual hace que la curva presente una forma sigmoide a causa de la fuerza retardadora, sin embargo los factores aún no han sido determinados con exactitud⁶⁵.

Costo por kg de cordera producido (por concepto de alimentación)

En lo que respecta a este rubro, se determinó que adicionar ensilado de excretas de cerdo a la ración de corderas en crecimiento, es redituable, ya que el kg de alimento elaborado con la inclusión de dicho ensilado fue más barato, que el kg de la dieta con ensilado de maíz. El comportamiento productivo de las corderas alimentadas con la ración con ensilado de maíz, cerdaza y melaza aunado a su menor costo, mostró una ventaja de 81 centavos de ganancia por kg producido de cordera en pie, en comparación a las corderas alimentadas con la dieta testigo.

5. CONCLUSIONES

- a) La cerdaza puede ser incluida en las dietas de corderas en crecimiento ya que se obtienen parámetros productivos (ganancia de peso, consumo de MS y conversión alimenticia) similares a los de una dieta tradicional.
- b) El consumo de MS por kg de peso metabólico fue mayor ($P<0.05$) en las corderas que consumieron la dieta experimental.
- c) La cerdaza incluida en 20% de la dieta reduce el costo por kilogramo de ración en corderas en crecimiento, con una ventaja de 81 centavos de ganancia por kg producido de cordera en pie, en comparación a las corderas alimentadas con la dieta testigo.

5.1 RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar el consumo individual de sales minerales, ya que durante el experimento se observó que los animales que consumieron la dieta con ensilado de maíz, cerdaza y melaza, consumieron menor cantidad de sales minerales y esto tal vez se debió, a la cantidad de minerales que contienen la cerdaza y la melaza. Sin embargo, en este estudio las sales minerales se ofrecieron a libre acceso y no se midió el consumo individual, por lo que se recomienda hacer este tipo de mediciones en estudios futuros que incluyan ensilado de cerdaza en las dietas.

Se sugiere en futuros estudios evaluar el efecto de la inclusión o no de melaza en ensilados de maíz, cuando se realicen comparaciones con ensilados de maíz con excretas porcinas, en mayores niveles de inclusión, sobre los parámetros de producción de corderas en crecimiento.

6. LITERATURA CITADA

- 1.-De Dios A J. Los ovinos en México. *Nuestro Acontecer Bovino*. 1998; 4: 58-59
- 2.-Orskov R E. La fermentación en el rumen. Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal; 1989 octubre 11-14; Montecillo (Edo. México) México: Centro de Ganadería Colegio de Postgraduados, 1989:37-64.
- 3.-Ríos R R. En pequeños rumiantes, la política es que..... ¡No hay Política! *Nuestro Acontecer Bovino*. 1998;4: 60-62.
4. González M S. *Manipulación del crecimiento compensatorio en borregos en finalización*. Tópicos Actuales sobre Nutrición y Alimentación de ovinos en engorda; 1995 mayo 17-19; México (DF) México: Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal y Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, 1995:144-157.
- 5.-Campabadal C. Utilización de cerdaza en el ganado de carne. *Acontecer Bovino*. 1995; 1:4-10.
- 6.-Salazar G G. Reciclaje de excretas, buen negocio. *Síntesis Porcina* 1995; octubre: 19 -24.
- 7.-Ramírez V F J. Valor nutricional de ensilados de rastrojo de maíz y cerdaza o gallinaza para borregos con o sin implante de zeranol. (tesis de Maestría en Ciencia). Chapingo (México). Colegio de Postgraduados, 1990.
- 8.-Goering H K, Smith L W. Composition of corn plant ensiled with excreta or nitrogen supplements and its effect on growing wethers. *J. Anim. Sci.* 1977; 44:452-461.
- 9.-Berger J, Fontenot J, Kornegay E, and Webb Jr. K. Feeding swine waste. II Nitrogen utilization, digestibility and palatability of ensiled swine waste and orchardgrass hay or corn grain fed to sheep. *J. Anim. Sci.* 1981b; 52: 1404-1416.
- 10.-Iñiguez C G. Fermentación de estiércol de cerdo para la obtención de un alimento para rumiantes (tesis de doctorado en biotecnología). México (DF) México: Instituto de

Investigaciones Biomédicas. UNAM, 1991.

11.-Iñiguez C G, Cuarón I J, Pérez G, De la Torre M, Magaña P. Fermentation characteristics digestibility and performance of ensiled swine waste , wheat straw and cane molases fed to sheep. *Biological Waste* 1990; 34:281-299.

12.-McCaskey T A, Anthony W B. Human and animal health aspects of feeding livestock excreta. *J. Anim. Sci.* 1979; 48: 163-175.

13.-Bhattacharya A N, Taylor J C. Recycling animal waste as a feedstuff: a review. *J. Anim. Sci.* 1975; 41:1438-1456.

14.-Peña R M. Evaluación nutricional de los sólidos recuperados del estiércol de cerdo (tesis de licenciatura). Los Reyes (Tlanepantla) México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM, 1986.

15.-Cabrera M P. Macro y microminerales en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1998.

16.-Angulo M R B. Principales alteraciones metabólicas y del aparato digestivo de ovinos en engorda intensiva. *Tópicos Actuales sobre Nutrición y Alimentación de ovinos en engorda*; 1995 mayo 17-19; México (D.F) México: Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal y Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura 1995:1-9.

17.-Henry V. Feeding strategies for pollution control in pig production. *Proceedings of the 14 th IPVS Congress*; 1996 July 7-10; Bologna (Italy) 1996:45-50.

18.-Vega V F, y Romero S H. Daños y soluciones ecológicas en las granjas porcícolas. *Porcira* 1987; 11: 62-67.

19.-Pérez E R. Porcicultura y medio ambiente. *Memorias del Segundo Seminario Manejo y Reciclaje de Residuales Porcinos*; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, AC, 1997:10-12.

- 20.-Moser A M. Tratamiento de residuales porcinos para uso en riego agrícola. Memorias del Segundo Seminario Manejo y Reciclaje de residuales porcinos; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, AC, 1997:13-17.
- 21.-Berger J, Kornegay E, Fontenot and Webb Jr K. Feeding swine waste. III Digestibility, nitrogen utilization and palatability of ensiled swine waste and corn grain or orchard grass hay fed to swine. J. Anim. Sci. 1981a; 52 :468-474.
- 22.-Pérez E R. El proyecto control y utilización de aguas residuales y excretas provenientes de granjas porcinas (trabajo de campo). Desarrollo Porcicola 1994; 24:5-12.
- 23.-Castrejón P F A. Algunos estudios sobre el reciclaje de excretas en la alimentación de bovinos. Memorias del Curso Internacional Avanzado de Nutrición de Rumiantes; 1993 junio 2-4; Montecillo (Edo México). México (DF): Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, AC, 1993: 79-86.
- 24.-Toledo B A. Caracterización nutricional de ensilados de excreta de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza (tesis de licenciatura), México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1996.
- 25.-Molina R J. Utilización de la cerdaza en la alimentación animal. Memorias del Segundo Seminario Manejo y Reciclaje de Residuales Porcinos; 1997 octubre 22-25; Querétaro (Querétaro) México. México (DF): Consejo Mexicano de Porcicultura, AC, 1997:63-65.
- 26.-Kornegay E J, Holland M R, Webb K E, Bovard K P, Hedges J D. Nutrient characterization of swine fecal waste and utilization of these nutrients by swine. J. Anim. Sci. 1977; 44:608.
- 27.-Orr D E, Miller E R, Ku P K, Berger W G, Ullrey D E. Recycling of dried waste in swine. J. Anim. Sci. Abstrac 1971; 33:1152.
- 28.-Smith W L, Wheeler E W. Nutritional and economic value of animal excreta J. Anim. Sci. 1979; 48: 144-156.

- 29.-Tinnimit P, Yu Y, McGuffey K, Thomas V. Dried animal waste as a protein supplement for sheep. *J. Animal. Sci* 1972;35: 431-435.
- 30.-Van Dyke N J, Prince T J, Hill D T. Digestibility and utilization of energy and protein in screened swine waste solids by gestating gilts. *J. Anim. Sci.* 1986; 63:1150-1155.
- 31.-Cobos P M A. Evaluación Nutricional de ensilados a base de estiércol, melaza y rastrojo de maíz en la alimentación de ovinos (tesis de Maestría en Ciencias). Chapingo (México) Colegio de Postgraduados, 1987.
- 32.-Cortesía de Sistema y Procedimiento Administrativo de Alta Eficiencia. *México Ganadero* 1994; 383:9-16
- 33.-Díaz J, Díaz C, Elías A. Notas sobre el uso de ensilajes de excreta de preceba porcina y miel final enriquecidos o sin enriquecer con otros alimentos para cerdas gestadas. *Rev. Cubana Cienc. Agric.*; 1988, 22: 169- 172.
- 34.-Arndt D L, Hatfield E E. Processing and Handling of animal excreta for refeedind. *J. Anim. Sci.* 1979; 48:161-162.
- 35.-Liceaga M M. Manejo de excretas en granjas porcinas (tesis de licenciatura) México (D.F) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1994.
- 36.-Donald L D. Aprovechamiento de excretas animales, como ingrediente para raciones alimenticias. *Porcira* 1988; 11:41-57
- 37.-Hernández CC. Determinación de bacterias patógenas en ensilado de excretas porcinas con caña de azúcar (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1997.
- 38.-Iñiguez C G, De la Torre M, Cuarón I, Pérez G, Magaña P. Fermentation characteristics of swine waste ensiled with wheat straw and cane molases. *Biological Waste.* 1990; 34:227-239.
- 39.-Iñiguez G. Aprovechamiento del estiércol de cerdo mediante fermentación. *Nuestro Acontecer Porcino.* 1993; 1:14-20.

- 40.-Diggs B G, Baker Jr, James F G. Value of pigs faeces in swine finishing rations .J. Anim. Sci. 1965 ;24: 291. (Abstr).
- 41.-Harmont B G, Day D L, Jensen A M, Baker D H. Liquid feeding of oxidation ditch mixed liquor to swine J. Aním. Sci. 1971; 33:1149.
- 42.-García S J. Evaluación del efecto de la adición de un ensilado elaborado a base de cerdaza y sorgo sobre el comportamiento productivo de cerdos alimentados durante la etapa de desarrollo (tesis de licenciatura) México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1993.
- 43.-Orozco H J R, Verdín S H, Ruiz C R, Torres B A, Villanueva F J L. Efecto de la inclusión de cerdaza (fresca o ensilada) a la dieta sobre la degradación ruminal. XXII Congreso Nacional de Buiatría; 1998 julio 20-25; Acapulco (Gro) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC,1998:239-242.
- 44.-Meza B J, Morquecho L C, Dominguez V, Ignacio A, Mariezcurrena B. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria; Veracruz (Ver) México 1997 noviembre 3-8; Asociación Mexicana de Medicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 1997: 110.
- 45.-Church DC. The Ruminant animal digestive physiology and nutrition..2nd ed. New Jersey :Reston Book Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1979.
- 46.-Wallace R J. Microbiología del Rumen. Memorias del Curso Internacional Avanzado de Nutrición de Rumiantes; 1993 junio 2-4; Montecillo (Edo. México). México (DF): Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, AC, 1993:62-67
- 47.-Flores M. Bromatología Animal ed. México: UTEHA Limusa, 1994.
- 48.-Morrison F B. Compendio de Alimentación del Ganado. ed. México: UTEHA, 1991.
- 49.-Robles S R. Producción de granos y Forrajes. 5a. ed. México: Limusa 1994.
- 50.-Ceballos H A. Evaluación del consumo voluntario, digestibilidad y ganancia de peso en borregos alimentados con silo de maíz mezclado con cerdaza y melaza (tesis de licenciatura).

Guadalajara (Jalisco) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Guadalajara, 1983.

51.-McCullough ME, Edwards R A, McDonald P. Fermentation of silage a review. Grants In Aid Committee.ed West Des Moines Iowa: 1978.

52.-Kamra D N, Srivastava. Effect of sugarcane molasses on fermentation of pig faeces and wheat straw inoculated with Lactic-Acid-Producing. *Bioresource Technology* 1994;47: 87-88.

53.-Castellanos R, Llamas L G, Shimada S A. Manual de técnicas de Investigación en Ruminología. ed. México: Sistemas de Educación Continua en Producción Animal en México AC, 1990

54.-Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México. Los Municipios del Estado de México. *Ira ed. México: Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México, 1988.*

55.-A.O.A.C. Methods of the Association of Official Analytical Chemist, 1975.

56.-National Research Council. Nutrient Requirements of sheep. Sixth ed. Washington (DC): National Academic Press, 1985.

57.-Steel R GD, Torrie J H. Principles and procedures of statistics: 2nd ed. Singapore: McGraw Hill International Book Co, 1984.

58.-S.A.S. Institute Inc. Statistical Analysis System Procedures guide for personal computers. Ver.6. Edition Nort Carolina, U.S.A. 1985.

59.-Oh J H, Hume I D, Torell. Development of microbial activity in the alimentary tract of lambs. *J. Anim. Sci.* 1972; 35:450-459.

60.-Quirarte L C, Castrejón P F, Terrazas P G, Soto C R, Valdés V L. Utilización de pollinaza y cerdaza en la alimentación de bovinos lecheros en crecimiento en trópico seco. *Memorias Trópico*; 1992 noviembre 3-4; Colima (Colima) México. Universidad de Colima Coordinación General de Investigación Científica, 1992:87-90.

- 61.-Harpster H W, Long T A, Wilson L L. Comparative value of ensiled cattle waste for lambs and growing finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 1978; 46 :238-240
- 62.-Campbell C. Requerimientos para la engorda intensiva de corderos para la producción de carne. *Tópicos Actuales sobre Nutrición y Alimentación de ovinos en engorda*; 1995 mayo 17-19; México (DF) México.: Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal y Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura 1995:54-62.
- 63.-Drouillard J S, Klopfenstein T J, Britton R A, Bauer M L, Gramlich SM, Wester T J, Ferrell C L. Growth, body composition, and visceral organ mass and metabolism in lambs during and after metabolizable protein or net energy restrictions. *J. Anim. Sci.* 1991; 69: 3357-3375.
- 64.-Kabbali A, Johnson W L, Johnson D W, Goodrich R D, Allen C E. Effects of compensatory growth on some body component weights and on carcass and noncarcass composition of growing lambs. *J. Anim. Sci.* 1992; 70: 2852-2858.
- 65.-Owens F N, Dubeski P, Hanson C F. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 1993; 71: 3138-3150.

7. CUADROS

Cuadro 8. Consumo promedio de MS (gd^{-1}) en corderas alimentadas con ensilado de planta de maíz o ensilado de planta de maíz con cerdaza.

| Período | Tratamientos | |
|-----------|----------------------------|---|
| | Ensilado de planta de maíz | Ensilado de planta de maíz con cerdaza. |
| I | 0.464 ± 0.026 ^a | 0.505 ± 0.044 ^a |
| II | 0.693 ± 0.034 ^a | 0.723 ± 0.043 ^a |
| III | 0.711 ± 0.042 ^a | 0.806 ± 0.047 ^a |
| IV | 0.830 ± 0.048 ^a | 0.965 ± 0.058 ^a |
| Acumulado | 0.674 ± 0.035 ^a | 0.748 ± 0.044 ^a |

* Promedio ± error estándar de la media.

literales distintas por hilera indican diferencia significativa, ($P < 0.05$)

Cuadro 9. Consumo de MS (gd^{-1} por Kg de peso metabólico) en corderas alimentadas con ensilado de planta de maíz o ensilado de planta de maíz, cerdaza y melaza.

| Período | Tratamientos | |
|-----------|----------------------------|--|
| | Ensilado de planta de maíz | Ensilado de planta de maíz con cerdaza |
| I | 76.6 ± 0.002 ^a | 83.3 ± 0.003 ^a |
| II | 96.6 ± 0.002 ^a | 99.2 ± 0.003 ^a |
| III | 86.6 ± 0.003 ^c | 96.6 ± 0.002 ^b |
| IV | 88.3 ± 0.002 ^c | 101.6 ± 0.003 ^d |
| Acumulado | 87.08 ± 0.002 ^g | 95.21 ± 0.002 ^f |

* Promedio ± error estándar de la media.

literales distintas por hilera indican diferencia significativa, ($P < 0.05$)

Cuadro 10. Ganancia de peso de corderas alimentadas con ensilado de planta de maíz o ensilado de planta de maíz, cerdaza y melaza.

| Período | Tratamientos | |
|-----------|----------------------------|--|
| | Ensilado de planta de maíz | Ensilado de planta de maíz, cerdaza y melaza |
| I | 0.220 ± 0.021 ^a | 0.230 ± 0.020 ^a |
| II | 0.198 ± 0.011 ^a | 0.208 ± 0.006 ^a |
| III | 0.204 ± 0.010 ^a | 0.233 ± 0.018 ^a |
| IV | 0.211 ± 0.008 ^b | 0.241 ± 0.007 ^a |
| Acumulado | 0.204 ± 0.008 ^a | 0.229 ± 0.009 ^a |

* Promedio ± error estándar de la media.

literales distintas por hilera indican diferencia significativa, ($P < 0.05$)

Cuadro 11. Índice de conversión alimenticia en corderas alimentadas con ensilado de planta de maíz o ensilado de planta de maíz, cerdaza y melaza.

| Período | Tratamientos | |
|-----------|----------------------------|--|
| | Ensilado de planta de maíz | Ensilado de planta de maíz con cerdaza |
| I | 2.38 ± 0.38 ^a | 2.26 ± 0.21 ^a |
| II | 3.49 ± 0.19 ^a | 3.47 ± 0.21 ^a |
| III | 3.55 ± 0.26 ^a | 3.56 ± 0.23 ^a |
| IV | 3.94 ± 0.20 ^a | 4.05 ± 0.30 ^a |
| Acumulado | 3.33 ± 0.14 ^a | 3.34 ± 0.17 ^a |

* Promedio ± error estándar de la media.

literales distintas por hilera indican diferencia significativa, ($P < 0.05$)

Cuadro 12. Composición de Premezcla Mineral

| | % inclusión | Ingredientes |
|-------------------|--------------------|-----------------------|
| Fósforo | 80.000g | Ortofosfato dicálcico |
| Calcio | 80.000g | Carbonato de Calcio |
| Magnesio | 30.000g | Oxido de magnesio |
| Azufre | 17.000g | Sulfato de Magnesio |
| Sodio | 144.000g | Cloruro de Sodio |
| Potasio | 40.000g | Cloruro de Potasio |
| Hierro | 0.500g | Sulfato Ferroso |
| Manganeso | 3.000g | Sulfato de Manganeso |
| Cinc | 2.125g | Sulfato de Zinc |
| Cobre | 0.075g | Sulfato Cúprico |
| Yodo | 0.022g | EDDI |
| Selenio | 0.010g | Selenito de Sodio |
| Cobalto | 0.010g | Carbonato de Cobalto |
| Excipiente | 603.000g | Bentonita |
| Total | 1,000,000 g | |

Biomín compuesto para ovinos

Cuadro 13. Costo por kilogramo de alimento en la dieta con ensilado de maíz o ensilado de maíz, cerdaza y melaza (Base húmeda).

| Ingrediente | % Inclusión en las dietas | | Precio por kg | Precio total por dieta | |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|------------------------|-------------------------------|
| | Ensilado de maíz | Ensilado de maíz con cerdaza. | | Ensilado de maíz | Ensilado de maíz con cerdaza. |
| Planta de maíz | 0.550 | 0.358 | 0.30 | 0.150 | 0.098 |
| Cerdaza | NI | 0.112 | 0.55 | NI | 0.112 |
| Melaza | NI | 0.063 | 0.85 | NI | 0.063 |
| Soya | 0.574 | 0.452 | 2.2 | 0.574 | 0.045 |
| Sorgo | 0.229 | 0.189 | 1.1 | 0.229 | 0.189 |
| Fosfato dicalcico | 0.078 | 0.055 | 3.6 | 0.078 | 0.055 |
| Na Cl iodado | 0.012 | 0.004 | 1.30 | 0.020 | 0.010 |
| Total | 1.00 | 1.00 | ----- | 1.043 | 0.979 |

NI= No incluido.

Cuadro 14. Análisis de costos por concepto de alimentación en corderas alimentadas con ensilado de maíz o ensilado de maíz, cerdaza y melaza.

| Variable | Ensilado de maíz | Ensilado de maíz con cerdaza |
|---|------------------|------------------------------|
| Peso inicial (kg) | 10.74 ± 2.56* | 10.70 ± 2.75* |
| Peso final (kg) | 22.44 ± 3.92* | 23.55 ± 4.129* |
| Ganancia de peso durante el experimento | 11.54 | 12.82 |
| Consumo de alimento diario en MS. | 0.674 | 0.748 |
| % de MS de la dieta | 44.45 | 46.57 |
| Consumo de alimento diario en base húmeda | 1.52 | 1.61 |
| Costo de la dieta | 1.043 | 0.979 |
| Costo por animal, por engorda | 88.78 | 88.26 |
| Costo por kg de cordera producido | \$7.69 | \$6.88 |
| Costo por kg por animal en pie | \$18 | \$18 |
| Ganancia por kg de cordera producida | \$10.31 | \$11.12 |

*promedio ± desviación estándar