

29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DEL METABOLISMO RUMINAL DE OVEJAS EN CRECIMIENTO AL OFRECER DIETAS CON ENSILADO DE EXCRETAS PORCINAS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A:
CESAR OCTAVIO MEZA MARTINEZ



Asesores:

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

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

MVZ., M.P.A. Sergio Angeles Campos

MEXICO, D. F.

2000

279723



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DEL METABOLISMO RUMINAL DE
OVEJAS EN CRECIMIENTO AL OFRECER DIETAS CON ENSILADO
DE EXCRETAS PORCINAS**

**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
Médico Veterinario Zootecnista
por**

César Octavio Meza Martínez

Asesores:

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

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

MVZ., M.P.A. Sergio Angeles Campos

México, D.F.

2000.

DEDICATORIA

A mi Dios

Por iluminar día a día mi camino

A mis padres

Agustía y Maura por su esfuerzo, cariño y comprensión

A mis hermanas

Nadia y Nayeli

A Lilibeth

a quien amo mucho, por su apoyo, comprensión y grandes consejos

A mis tíos y tías

A mis primos

Oscar, Bernardo, Gregorio, Alejandro, Daniel, Misael

A mis mejores amigos

**Abigail, Juanita, Miguel, Horacio, Isabel, Hilda por todos los buenos consejos y momentos
que pasamos juntos**

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores:

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

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

MVZ., M.P.A. Sergio Angeles Campos

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

A la dirección General de Asuntos para el Personal Académico por su apoyo al Proyecto

No IN210997 del Programa de Apoyo a Proyectos de

Investigación e Innovación Tecnológica.

CONTENIDO

	Página
Título	i
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Lista de contenido	IV
Lista de cuadros	VII
Resumen	IX
1. INTRODUCCION	
1.1 Situación actual pecuaria en México.....	1
1.2 Contaminación por estiércol de cerdo.....	3
1.2.1 Principales problemas producidos por excretas porcinas.....	4
1.3 Sistemas de limpieza y recolección de excreta porcina.....	5
1.3.1 Limpieza por paleo.....	5
1.3.2 Arrastre con agua.....	6
1.3.3 Paleo y arrastre con agua.....	6
1.3.4 "Charquito".....	6
1.3.5 Limpieza por tanque volteador o golpe de agua.....	6
1.4 Problemática ambiental originada por los residuos orgánicos porcícolas.....	7
1.5 Métodos de utilización de residuos porcícolas.....	10
1.5.1 La excreta como abono y fertilizante agrícola.....	10
1.6 Producción de biogas.....	11
1.7 Ingrediente en la alimentación animal.....	11
1.8 Almacenamiento de la excreta.....	12
1.9 Sistemas de tratamiento de la excreta.....	12
1.9.1 Tratamientos físicos.....	13
1.9.1.2 Secado al aire.....	13
1.9.1.3 Composteo aerobio.....	14
1.9.1.4 Separación de sólidos.....	15
1.9.1.5 Transporte.....	15

	Página
1. 9.1.6 Secado al vapor.....	16
1. 9.1.7 Riego y aspersión.....	17
1. 9.2 Tratamientos químicos.....	17
1. 9.3 Tratamientos biológicos.....	17
1. 9.3.1 Digestores anaerobios.....	17
1. 9.3.2 Lagunas anaerobias.....	19
1.10 Valor nutritivo de las excreta porcina.....	21
1.11 Ensilaje.....	22
1.12 Utilización de la Melaza en ensilados.....	23
1.13 Utilización de pajas y rastrojos en rumiantes.....	26
1.13.1 Características de los esquilmos.....	27
1.13.2 Limitantes del empleo de esquilmos.....	27
1.13.3 Tratamiento de los esquilmos.....	29
1.13.3.1 Tratamientos físicos.....	29
1.13.3.2 Tratamientos químicos.....	30
1.13.3.3 Tratamientos biológicos.....	30
1.14 Patrón de fermentación ruminal.....	31
1.15 pH ruminal.....	31
1.16 Nitrógeno amoniacal.....	32
1.17 Población de microorganismos ruminales.....	33
1.17.1 Protozoarios ciliados en el rumen.....	34
1.17.2 Protozoarios holotrichos.....	35
1.17.3 Factores que influyen en la población en la población de protozoarios.....	36
1.17.4 Ciclos diurnos de protozoarios.....	36
1.17.5 Efecto de los protozoarios sobre la tasa de consumo y digestión de bacterias.....	37
1.17.6 Protozoarios en el reciclamiento de nitrógeno y carbono bacteriano..	39
1.17.7 Migración y secuestro de protozoarios.....	40
1.17.8 Mortalidad de protozoarios.....	41

	Página
1.18 Justificación.....	41
1.19 Hipótesis.....	42
1.20 Objetivos.....	42
2. MATERIAL Y MÉTODOS	
2.1 Elaboración de ensilados.....	43
2.2 Instalaciones.....	46
2.3 Características de los animales en estudio y diseño experimental.....	47
2.4 Variables.....	48
2.5 Análisis químicos proximales.....	49
2.6 Obtención de líquido ruminal.....	50
2.7 Determinación de pH.....	50
2.8 Determinación de nitrógeno amoniacal.....	50
2.9 Conteo de protozoarios en el liquido ruminal.....	51
2.10 Análisis estadístico.....	51
3 RESULTADOS.....	53
4 DISCUSIÓN.....	55
5 CONCLUSIONES.....	67
6 RECOMENDACIONES.....	67
7 LITERATURA CITADA.....	69
8 CUADROS.....	78

LISTA DE CUADROS

	Página
CUADRO 1 Caracterización química de los tipos de estiércol que pueden ser recogidos por "paleo".....	7
CUADRO 2 Contenido de elementos nutritivos del estiércol de cerdo para fines agrícolas.....	10
CUADRO 3 Resultados de algunos digestores piloto (en el campo).....	19
CUADRO 4 Resultados obtenidos en el tratamiento de residuos porcícolas en lagunas anaerobias. Relación entre influente y el efluente.....	20
CUADRO 5 Composición de estiércol de cerdo en base seca (BS).....	23
CUADRO 6 Composición de estiércol de cerdo en base seca (BS) (Datos promedio y desviación estándar).....	24
CUADRO 7 Análisis químico proximal y de Van Soest del ensilado de excretas porcinas en Base Seca.....	44
CUADRO 8 Composición de la premezcla mineral utilizada durante el experimento.....	45
CUADRO 9 Ración de ovejas chicas con ensilado de excretas porcinas (EEP).....	45
CUADRO 10 Ración de ovejas medianas y grandes con ensilado de excretas porcinas (EEP).....	45
CUADRO 11 Aporte nutricional de las raciones con ensilado de excretas porcinas en base seca para corderas.....	46

	Página
CUADRO 12	
Análisis químico proximal y de Van Soest de las dietas ofrecidas a ovejas Grandes y Medianas en crecimiento (en Base Seca).....	47
CUADRO 13	
Análisis químico proximal y de Van Soest de las dietas ofrecidas a ovejas chicas en crecimiento (en Base Seca).....	48
CUADRO 14	
Consumo de Materia Seca por corral (Kg), de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).....	78
CUADRO 15	
Ganancia diaria de peso por corral (Kg), de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).....	78
CUADRO 16	
Conversión alimenticia por corral (Kg), de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas.....	78
CUADRO 17	
Parámetros ruminales de ovejas en crecimiento al ofrecer dietas con ensilado de excretas porcinas al inicio, final y promedios totales del periodo experimental.....	79
CUADRO 18	
Ganancia diaria de peso (Kg) por animal, de acuerdo al periodo y bloque corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).....	80
CUADRO 19	
Conversión alimenticia (Kg) por corral, de acuerdo al periodo y bloque de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).....	81
CUADRO 20	
Consumo de materia seca (Kg) por animal, de acuerdo al periodo y bloque de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).....	82

MEZA MARTINEZ CESAR OCTAVIO. Parámetros productivos y del metabolismo ruminal de ovejas en crecimiento al ofrecer dietas con ensilado de excretas porcinas. (Bajo la asesoría de Francisco Castrejón Pineda, Luis Corona Gochi y Sergio Angeles Campos).

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de comparar la inclusión de distinta proporción de ensilado de excretas porcinas (EEP) en la dieta de ovejas criollas en crecimiento, sobre algunos parámetros productivos y del metabolismo ruminal. Se utilizaron 48 ovejas cruzas de (Rambouillet x Suffolk x Pelibuey) entre 7 y 30 Kg de peso vivo (P.V), de 128 ± 10.81 días de edad, separadas de acuerdo a su peso en ovejas ligeras, medianas y pesadas (con un promedio de 8.23 (+2.04), 17.54 (+4.86), 27 (+2.92) kg respectivamente); fueron distribuidas en un diseño de bloques completamente al azar bloqueando por peso (chicas y medianas-grandes) a los siguientes tratamientos: T1 (dieta testigo), T2 (dieta con 20% de EEP) y T3 (dieta con 40% de EEP). Se utilizaron 8 repeticiones (corrales) por tratamiento, la unidad experimental fue el corral con dos ovejas cada uno. Las dietas se balancearon isoprotéicas e isoenergéticas, estuvieron constituidas de acuerdo al tratamiento por EEP, pasta de soya, grano de sorgo, rastrojo de maíz, melaza, sal iodada y fosfato dicálcico; que junto con agua y minerales se ofrecieron *ad libitum*. El EEP se elaboró con 82% de fracción sólida de excretas porcinas, 10% grano de sorgo y 8% de melaza (Base Húmeda). Se utilizaron 7 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) y la conversión alimenticia (CA). Los resultados se sometieron al análisis de varianza para el diseño experimental mencionado. Además se midió el pH, el nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y la población de protozoarios en el fluido ruminal, al inicio y al final de la prueba de alimentación; los resultados se analizaron por medio de una T de student y análisis de varianza. No hubo diferencia ($P > 0.05$) en CMS, GDP y CA. El T2 presentó mayor ($P = 0.05$) pH ruminal, comparado con el T1 y no hubo diferencia entre estos y T3. Ambos tratamientos con EEP presentaron menor cantidad ($P < 0.05$) de N-NH₃ en el líquido ruminal, en comparación con el grupo testigo. La adición de EEP produjo aumento ($P < 0.05$) en la población de holotrichos en el contenido ruminal. La inclusión de EEP disminuyó ($P = 0.05$) la concentración de entodimórfidos en el contenido ruminal. La inclusión de EEP disminuyó ($P = 0.007$) la concentración de protozoarios totales en el contenido ruminal. Los cuales estuvieron relacionados con el tiempo de exposición al EEP por lo que se concluye que se puede utilizar el EEP hasta un 40 % de inclusión en las dietas de ovejas en crecimiento, sin detrimento de sus parámetros de producción. Se debe seguir estudiando los cambios en la población de protozoarios cuando se incluye EEP en sus dietas.

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Situación actual pecuaria en México

La necesidad creciente de conseguir alimentos a gran escala y bajo costo, motiva la constante búsqueda de fuentes alternas en la alimentación animal, con el fin de mejorar las condiciones de vida, alimentar a la población y generar excedentes (1, 2, 3, 4, 5). Esta búsqueda para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales, que a su vez pretenden satisfacer las del humano, no es la única meta. En los últimos años se ha dado mayor importancia a evitar la depredación y el deterioro del entorno ecológico, promoviendo la protección del mismo (6, 7, 8, 9, 5), la tendencia es lograr un desarrollo social, industrial y económico sin sacrificar las zonas naturales, evitando así la consecuente pérdida de poblaciones vegetales y animales (10, 11, 12, 13).

Uno de los factores que daña a la ganadería en México, es el elevado costo de producción y la de adecuados canales de comercialización. La mayoría de las unidades de producción ovinas se encuentran en manos de pequeños productores que carecen de infraestructura necesaria y alimentan a su ganado a través de sistemas de pastoreo extensivo (14). Otro factor que juega un papel importante es la deficiente alimentación de los ovinos en pastoreo por la escasez de forrajes, debida a la variación climatológica y a otros factores ambientales como sequías, inundaciones y deforestaciones, por esta razón; los productores utilizan subproductos agroindustriales que tienen bajo valor nutritivo, por lo que para cubrir las necesidades nutricionales de los ovinos se tiene que complementar la dieta con el uso de concentrados (15). 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 proteína (16). Una fuente de proteína que contiene alrededor de 50% de proteína verdadera y 50% de nitrógeno no proteico (NNP), que los ovinos pueden transformar y aprovechar como proteína microbiana, es la excreta animal (17). En ovinos se han realizado 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 la alimentación de ovinos es factible, no obstante la investigación a este respecto es mucho menor (18, 19).

Los ovinos son considerados 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 observado que se obtienen mejores resultados en rumiantes (16, 17, 20, 21). Debido a que los rumiantes la capacidad de utilizar alimentos de baja calidad y poder transformarlos a productos de alto valor nutricional como carne y leche, por medio de los microorganismos ruminales.

Se han reportado que las concentraciones de cobre pueden 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 estos animales (16). En el caso de los borregos el mineral traza más problemático a considerar en su alimentación es el cobre, ya que una concentración superior a 25 mg/kg en la dieta de estos animales, causa toxicidad (22). Algunos autores han reportado que no hay evidencias de que el reciclaje de excretas porcinas represente un riesgo para la salud humana y que la alimentación con excretas porcinas no alteró el sabor de carne, leche y huevo producidos por animales domésticos (23). Otros investigadores recomiendan que cuando se utilicen ensilados que contienen cerdaza en las dietas de rumiantes, siempre se debe analizar su composición mineral para evitar efectos tóxicos y desbalances en la nutrición animal (24, 25).

Por otra parte la industria pecuaria en la actualidad enfrenta un sin número de problemas para mantener un nivel de producción acorde con los cambios económicos que sufre el país (26, 27). El continuo aumento del costo de las materias primas para la elaboración de alimentos, la dificultad para su abastecimiento oportuno y la dudosa calidad de las mismas, hace que la utilización de subproductos vegetales y/o animales sea una alternativa de alimentación excelente para disminuir costos y aumentar el porcentaje de nutrientes utilizados en el alimento (26, 8, 9). Un claro ejemplo es el uso de excretas, que además de estar disponibles todo el año, son fuente rica de calcio, fósforo y nitrógeno; no así de energía (10, 28, 5, 13).

Debido a su pobreza energética se sugiere no usar las excretas porcinas como única fuente de alimento, ya que el consumo de alimento y la ganancia de peso de los animales disminuye a medida que se incrementa la inclusión de excretas en sus raciones; por ello se

recomienda mezclarlas con fuentes de carbohidratos de fácil degradación como los cereales y bagazos de cítricos (8, 29, 30).

1.2 Contaminación por estiércol de cerdo

El estiércol de cerdo se compone de ingredientes alimenticios no digeridos ni absorbidos, de secreciones de productos catabólicos, de células microbianas y de tejidos (31). Ya que en su mayoría el estiércol consiste de material orgánico biodegradable, después que ha sido excretado continúa su degradación, debido a la acción microbiana, produciéndose gases, olores y contaminación de suelo y agua, los cuales se incrementan cuando no existe un manejo adecuado de éste.

El estiércol de cerdo y del rumiante es un recurso poco utilizado, sin embargo, está tomando relevancia debido a la cada vez mayor restricción al uso de excretas de aves, por el riesgo que representa el diseminar enfermedades infecto-contagiosas de importancia económica en la avicultura, además de que puede ser un contaminante ambiental potencial por ser vehículo de sustancias nocivas tales como: micotoxinas, secuestradores de aflatoxinas, restos de antibióticos, coccidiostatos, arsenicales, hormonas, metales pesados, drogas etcétera. Por otro lado los desperdicios avícolas siguen siendo los más utilizados a pesar de que se ha comprobado que dentro de los desperdicios pecuarios resulta ser uno de los más tóxicos (28, 12, 30, 32). Las excretas porcinas se han usado principalmente para la alimentación rumiantes, por la ventaja que tiene la microbiota del rumen de transformar nitrógeno no protéico (NNP) en proteína microbiana y finalmente en proteína animal (10, 33, 5, 30, 34).

La reutilización de los nutrientes fecales no es una idea extraña, nace de la coprofagia y cecotrofia observada en algunos animales salvajes y domésticos. Tampoco el uso de excretas es novedoso, ya que desde 1920 se tiene conocimiento de una práctica semejante a las actuales, donde se juntaron becerros y cerdos para que estos últimos aprovecharan los nutrientes de las heces de los primeros (32).

1.2.1 Principales problemas producidos por excretas porcinas

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. En México se calcula que existen 13 millones de cerdos (17, 25, 35, 36, 37). La industria porcícola nacional y mundial se ha perfilado como una de las industrias pecuarias con mayor aplicación tecnológica y eficiencia productiva, no obstante seguirán existiendo los sectores semi-intensivo y de traspatio. Con el incremento poblacional, uno de los problemas de la industria porcina, además de los costos que representa su alimentación, es el manejo de los desechos debido a que incrementan la contaminación ambiental, representando un riesgo para la salud animal y humana (38, 37, 39).

En México se estudia la reglamentación con respecto a los desechos animales, de hecho se pueden llegar a clausurar granjas, particularmente de cerdos, en donde no se ha atendido la reducción de contaminantes por los desechos que generan (17). También el Consejo Mexicano de Porcicultura (COMEPOR) a partir de 1993 empezó a introducir nuevas reglamentaciones que empiezan a ser adoptadas por poricultores miembros del consejo. Las instalaciones porcícolas están sujetas al pago de multas cuando sus descargas de aguas residuales presenten concentraciones que estén por arriba de las permisibles y estén descargando en una corriente de agua, depósitos o terrenos considerados bienes nacionales. El monto de la cuota se determinará mensualmente y estará en función de la zona de disponibilidad correspondiente al lugar donde la instalación porcícola realice la descarga, del volumen de agua que descarguen, de la demanda química de oxígeno (DQO) y de los sólidos suspendidos totales. Además según los especialistas de la Secretaría de Ecología, toda granja pecuaria en especial la porcícola por el solo hecho de estar en operación es ya inevitablemente una fuente de contaminación (40, 41).

En otras muchas acciones tendientes a lograr la preservación del ambiente, se utilizan las heces de los animales domésticos, no solo como abono orgánico, para la producción de biogas o sustrato para la acuicultura, sino además, reciclándolas en el alimento de la misma u otra especie (10, 6, 21, 9, 5, 30, 17, 32). Estos desechos orgánicos representan un problema de salud pública y no solo por la liberación de gases nocivos a la atmósfera (monóxido y dióxido de carbono, amoníaco, metano, sulfuro de nitrógeno, etcétera),

contenido de elementos no nutricionales derivados de la ración, mal olor, contaminación de mantos freáticos y favorecimiento de la proliferación de insectos, sino además, por que son medios excelentes para la permanencia y multiplicación de virus, parásitos y bacterias como: *Campylobacter*, *Clostridium spp.*, *E. coli*, *Mycobacterium spp.*, *Proteus spp.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, etcétera, así como sus correspondientes toxinas (42, 43, 44, 45, 46, 5, 12, 13, 38). Pero no siempre estos microorganismos están presentes en el estiércol de animales, es más común en las heces de los animales infectados, aunque no necesariamente estos patógenos representan un peligro de enfermedad relativa, ya que la posibilidad de encontrar condiciones favorables para su supervivencia en el medio, se ven limitadas por las fluctuaciones de los factores ambientales (32).

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 los años setenta se empezó a generar mayor información, enfocada al riesgo potencial de algún problema infeccioso por el reciclaje de microorganismos patógenos, lo cual provocó la búsqueda de procesos que disminuyeran las poblaciones de estos microorganismos, desarrollándose métodos químicos, biológicos y físicos(47, 48).

Varios autores han mencionado que este tipo de excretas tiene el potencial de ser una fuente de riqueza nutricional, debido a su elevado contenido de minerales, nitrógeno y aminoácidos (16, 17, 21, 37).

1.3 Sistemas de limpieza y recolección de excretas porcinas

1.3.1 Limpieza por paleo

En este caso, el estiércol de la zahurda es paleado y barrido a fin de concentrarlo en un punto del suelo de la zahurda, y posteriormente transportarlo en carretilla hasta algún terreno adjunto donde el estiércol permanecerá por espacio de seis meses a dos años, secándose por la acción del sol. Es evidente la emanación generalizada de malos olores en los estercoleros de este tipo. El estiércol que sale de las granjas esta muy concentrado, pudiendo contener hasta un 75% de humedad y 25% de materia en sólidos volátiles gramos por litro (SV g/l) (49).

1.3.2 Arrastre con agua

Para este caso, el estiércol es "barrido" con agua y conducido a tuberías que desembocan en arroyos, ríos o lagunas, creando graves problemas de anoxia y putrefacción en estas aguas. Mediante este sistema se gastan de 5 a 15 litros de agua por cerdo, con lo cual el residuo que se obtiene, está muy diluido (49).

1.3.3 Paleo y arrastre con agua

En estos casos se puede obtener un estiércol semi diluido con 80 – 90% de humedad y 100-150 g SV/Kg. Este es tal vez el sistema de limpieza más usual. La cantidad de agua empleada puede ser del orden de 4-8 litros por cerdo (49).

1.3.4 "Charquito"

Para este caso, la zahurda se diseña de tal manera que por gravedad, en un área determinada del piso cuando se acumula el volumen de excreta que el cerdo defeca, los residuos pasan a una fosa o "charquito" completamente suspendidos en bajas concentraciones. Luego, la forma típica de deshacerse de estos residuos líquidos es descargando a arroyos o ríos. Algunas granjas emplean lagunas anaerobias para el tratamiento de estos líquidos (49).

1.3.5 Limpieza por tanque volteador o golpe de agua

La limpieza mediante este método se efectúa de la siguiente manera: existe un flujo continuo de agua sobre un reservorio cilíndrico horizontal cuyo punto de gravedad no está colocado en el centro; una vez que este recipiente llega a determinado nivel de agua, se voltea automáticamente dejando caer $\pm 1 \text{ m}^3$ de agua (según el tamaño de la granja) que al correr por el piso inclinado, va limpiando el estiércol. Esta operación se repite varias veces al día. El residuo obtenido es bastante líquido y normalmente se arroja a los arroyos o ríos (49).

En general los métodos de limpieza más empleados son:

- Limpieza por paleo
- Arrastre con agua
- La combinación de los dos anteriores

El “charquito” y tanque volteador son métodos menos empleados, cuyo uso se empieza a generalizar poco a poco (49).

1.4 Problemática ambiental originada por los residuos orgánicos porcícolas

El material orgánico de las excretas después de su excreción, continúa su degradación debido a la acción microbiana y de esta forma se producen gases, olores, contaminación del agua y del suelo (21). En general, las características de los residuos porcícolas obtenidos varían mucho de una granja a otra, uno de los factores que influye es el tipo de limpieza de las zahurdas.

En el cuadro 1 se muestran los tipos de estiércol que, en general, pueden ser recogidos por “paleo”.

Cuadro 1. Caracterización química de los tipos de estiércol que pueden ser recolectados por “paleo”.

Tipo de estiércol	(g/Kg)				
	ST	SV	CENIZAS	NH ₄ ⁺	pH
Poco diluido	300	225	45	5-6	6.5
Semi diluido	125	100	30	2-3	6.5
Muy diluido	90	70	20	2	6.5

ST= Materia en sólidos totales (g/l)

SV= Materia en sólidos volátiles (g/l)

NH₄⁺= Concentración de Nitrógeno Amoniacal

Los diferentes métodos no adecuados a través de los cuales los porcicultores se deshacen de las excretas, contribuyen a aumentar la contaminación ambiental esto a pesar de que existen granjas que cuentan con sistemas de tratamientos de excretas (16, 36). Una de las formas frecuentes es descargándolas directamente a las corrientes de agua, éstas 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 enfermedades como colibacilosis; disentería; tifoidea; paratifoidea; enteritis aguda y crónica, tuberculosis y erisipela. En diferentes muestras de complejos porcícolas se han encontrado huevos de *Ascaris* y *Oesofagostomus* (38, 21). Un problema más, es que las excretas al descomponerse

aumentan su demanda bioquímica de oxígeno y por lo 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 y se produce en un círculo vicioso conocido como eutroficación. Este fenómeno que en forma natural se presenta por la acumulación de los elementos fertilizantes al cabo de miles de años, se acelera cuando los mantos freáticos son contaminados con excretas de cerdo (21, 38).

Otra práctica que tiene sus desventajas debido a que las granjas porcinas no cuentan con el suficiente terreno para deshacerse de las excretas de cerdo (17), 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 (38, 37). Sin embargo, la velocidad de mineralización es mínima en clima templado y depende de la actividad microbiana que presente el suelo (38). 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 la población humana como de animales, debida a la contaminación de los mantos freáticos (21, 38, 37).

Las excretas porcinas además también son una fuente potencial de contaminación del aire. Al iniciarse la descomposición del estiércol debido a la acción microbiana se desprenden gases como amoníaco, ácido sulfhídrico, bióxido de carbono y metano. Los olores desagradables son producidos principalmente por el amoníaco, el ácido sulfhídrico y un gran número de compuestos orgánicos intermedarios de la degradación biológica del estiércol de cerdo, tales como fenol, p-cresol, ácidos orgánicos (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 (21, 23).

Así mismo la intoxicación de suelos, la transmisión de gérmenes patógenos y la contaminación de aguas subterráneas y de superficie, convierten al área donde son acumuladas las excretas, en lugares aptos o ideales para la reproducción de moscas, de esta forma también se puede atraer especies ajenas y alejar a numerosas especies animales propias del lugar, generando de esta forma desequilibrios de cadenas ecológicas que traen como consecuencia la extinción de especies nativas (21, 38).

Como agente contaminante potencial de las aguas superficiales, el estiércol de cerdo es altamente nocivo. Este estiércol es de naturaleza ácida con un pH = 6.0 a 6.5; tiene una alta concentración de materia orgánica susceptible de ser putrescible (sólidos volátiles + 200 g SV/l); su demanda biológica de oxígeno se encuentra entre 40,000 – 50,000 mg/l y su concentración de ácidos grasos entre 10 y 15 g/l (49).

El tratamiento previo de las excretas para su reutilización permite la eliminación y destrucción de los microorganismos, así como la destrucción de agentes tóxicos y estabiliza mejor el producto para su almacenamiento (10). Se han utilizado diferentes tratamientos físicos, químicos y biológicos que pueden ser aplicados a las excretas después de su recolección y antes de ser utilizadas como ingredientes alimenticios (10, 46, 5, 30, 50). La elección de un manejo ó tratamiento en particular depende de muchos factores, es decir, el proceso debe integrarse al sistema pecuario que los origina, que a su vez debe de responder a una nueva proyección de la explotación (30, 50, 51). Los objetivos de éste reciclamiento son reducir costos, aumentar beneficios a través de la recuperación de nutrientes y disminuir el impacto ambiental (52, 10, 9, 30, 17). Los tratamientos biológicos han resultado ser los más económicos y, dentro de estos el ensilaje parece ser uno de los más prometedores, ya que además de disminuir olores y preservar la mayor parte de nutrientes fecales, favorece la fermentación anaerobia de los carbohidratos solubles, disminuyendo rápidamente el pH del medio, lo cual inhibe el crecimiento de microorganismos indeseables; sin embargo, existen algunas bacterias del género *Clostridium* que por ser esporuladas son más resistentes a estos cambios y pueden permanecer como un problema serio de contaminación (8, 9, 30, 51, 38).

El género *Clostridium* comprende bacilos anaerobios productores de endosporas y exotoxinas; son microorganismos saprófitos; comensales normales y provisionales en el

tracto gastrointestinal , en ocasiones en el respiratorio y urogenital; tanto en el humano como en los animales (53).

1.5 Métodos de utilización de residuos porcícolas

1.5.1 La excreta como abono y fertilizante agrícola

En el Cuadro 2 se muestran los nutrientes primarios para las plantas contenidos en el estiércol de cerdo (49).

Cuadro 2. Contenido de elementos nutritivos del estiércol de cerdo para fines agrícolas .

	UNIDAD	PARTE SÓLIDA
N _i	g/Kg	7.0
P	%	0.082+
K	%	6.86+
Na	%	2.81+

+% Con relación a cenizas 27%

Adicionalmente, la materia orgánica posee propiedades de mejoramiento de la textura y estructura de los suelos. Los campesinos saben apreciar este uso. Generalmente el estiércol se maneja en forma sólida para poderlo transportar en camiones de volteo; y solo en menor escala se aplica en forma líquida o semilíquida. Con relación a los métodos de tratamiento se sabe que los sistemas anaerobios permiten conservar en su mayor parte los elementos nutritivos y que los sistemas anaerobios favorecen la pérdida de la mayor parte del nitrógeno. Otra de las grandes pérdidas del estiércol y de los elementos de interés agrícola (N, P, K) es a través de los residuos líquidos que llevan además un gran porcentaje de sólidos y que van a los ríos y arroyos (49).

Las excretas se han utilizado como fertilizante para diferentes tipos de cultivo, su utilización varia dependiendo del tipo de suelo y de cultivo al cual se le quiera agregar (17). Se dice 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 4400 litros de excreta (16). Cuando se utiliza como fertilizante, se tiene un problema ya que no se pueden fertilizar las tierras de cultivo todo el año y por lo tanto se debe de contar con estructuras de almacenamiento. También hay que recordar que con almacenamiento prolongado, una proporción del

nitrógeno orgánico se convierte en nitrógeno amoniacal y de esta forma el nitrógeno se volatiliza (16, 38, 37, 48).

La aplicación debe hacerse con precaución, 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 (38, 54).

1.6 Producción de biogas

El uso de digestores anaerobios ha tenido una mayor difusión en los últimos años y junto con esto, el empleo del biogas para fines agropecuarios.

La producción se logra por la digestión anaerobia o también llamada fermentación metánica o metogénica 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 semi-sólido, inodoro, rico en nitrógeno llamado bioabono, libre de microorganismos patógenos, y elementos fertilizantes que son mejor utilizados por las plantas ya que el 50% de estos se encuentran mineralizados. Este proceso permite producir combustible a partir de materia orgánica (16,38).

1.7 Ingrediente en la alimentación animal

Esta alternativa puede ser una solución viable para la utilización de las excretas porcinas y para los problemas de contaminación ambiental que estas generan, ya que al utilizar la fracción sólida se reduce el volumen total de sólidos que se transfiere a la laguna de oxidación por lo tanto disminuye el volumen total de desechos a manejar, y de esta manera, se reduce el volumen total de agua utilizado en la granja, lo que facilita la separación de sólidos (16, 17, 21, 54).

La reincorporación continúa de 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 por alimentación animal y disminución en la competencia por los granos que pueden ser destinados para consumo humano (23).

El estiércol al ser una fuente de nutrientes para los animales, se estima que la cerdaza es 3 a 10 veces más aprovechable como fuente de proteína que como fuente de energía (55), su aprovechamiento como ingrediente depende del tipo de manejo y tratamiento al que haya sido sometido y para su utilización deben considerarse los riesgos que implica la presencia de patógenos y residuos de drogas como aditivos y antibióticos, presentes en las dietas de los animales (22).

1.8 Almacenamiento de la excreta

El almacenaje es un factor importante que puede afectar su valor nutritivo, se producen pérdidas que dependen del grado de humedad, tiempo y temperatura ambiental de la zona. El grado de humedad es el factor más importante que afecta su calidad, a mayor humedad aumenta la descomposición, esta se calienta y provoca un bajo o nulo consumo de cerdaza. El nivel óptimo para almacenarla debe ser de entre 10 a 12 % de humedad (16).

La cerdaza que se almacena fresca por más de tres días presenta problemas de fermentación, hongos, calentamiento y disminución de palatabilidad. Cuando se almacena seca, el periodo de almacenaje y la temperatura ambiental del lugar de almacenamiento afectan el contenido de nutrimentos de la cerdaza (16).

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 completamente (37).

1.9 Sistemas de tratamiento de la excreta

Los diversos métodos alternativos de tratamiento usados en las granjas porcinas, están en función de factores muy variados, tales como: sistema de limpieza empleado, localización de las granjas con respecto a los centros urbanos, presencia de terreno necesario para instalar la planta de tratamiento, existencia de terrenos agrícolas colindantes, cantidad de cerdos existentes, etc. (49).

Es necesario tomar en cuenta que los sistemas de tratamiento de estiércol representan una inversión no productiva y que los porcuicultores desean hacer inversiones mínimas de construcción, funcionamiento y mantenimiento de este tipo de instalaciones (49).

Los sistemas de tratamiento 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 (aeróbicas y anaerobias), sistemas de aireación; y los procesos biológicos dentro de los cuales sobresale la actividad microbiana ocurrida en lagunas de fermentación y el ensilaje (15, 38, 56, 57).

1.9.1 Tratamientos físicos

1.9.1.2 Secado al aire

Este método es de los más usados en México, sobre todo porque las granjas tienen el sistema de limpieza por paleo. Buscando que el estiércol sea lo menos líquido posible.

El método consiste en depositar el estiércol en un terreno amplio localizado al lado de la granja, con el fin de que pueda ser periódicamente removido para lograr la fermentación aeróbica. El estiércol, teóricamente, va degradándose hasta lograr un secado completo y su estabilización.

En la práctica, lo que ocurre es que el estiércol, una vez depositado en los terrenos de secado, no recibe ninguna acción para lograr el composteo, ya que el granjero no cuenta con un tractor o algún otro equipo para tal objetivo; y por lo tanto el material requiere 8, 12 o más meses para estabilizarse en un proceso mixto aeróbico – anaerobio.

Esta es la principal razón por la que las zonas porcícolas causan graves problemas ambientales, pues el secado al aire produce una gran proliferación de moscas, malos olores, dispersión de estiércol al medio y, en consecuencia enfermedades tanto para los propios animales como para el hombre. Adicionalmente este sistema ocasiona que los residuos líquidos sean descargados a los arroyos y ríos cercanos causando una gran contaminación de las aguas (49).

Ventajas :

- Baja inversión
- Fácil manejo
- Permite el uso o venta de estiércol (después de 8 – 12 meses) para fines agrícolas

Desventajas :

- No es eficiente como proceso de tratamiento de estiércol, es ecológicamente inadecuado
- Causa una gran proliferación de malos olores, moscas, insectos, gusanos o larvas y ratas.
- Su impacto visual es desagradable
- Se disminuye su valor nutricional, por pérdida de nutrientes
- No se obtiene un producto microbiológicamente adecuado
- Implica la producción de líquidos y aguas residuales que son desalojados a ríos o arroyos cercanos (49).

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 disminución de su valor nutricional, la cantidad perdida de nutrientes va a depender de la zona geográfica, se favorece esto en el clima árido y semiárido (56, 58).

Además 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 existe una significativa pérdida de nitrógeno y energía. El secado representa un alto gasto energético, el producto final que se obtiene del secado es inodoro y las altas temperaturas eliminan los agentes patógenos (22, 56, 58).

1.9.1.3 Composteo aerobio

El método de secado al aire en terrenos ubicados cerca de las granjas, podría ser mejorado con el uso de tractores y equipo especial de composteo. En este caso el material con aproximadamente 80% de contenido de humedad es apilado en camellones y posteriormente composteado por medio de una maquinaria que consta de un sistema de paletas que giran a gran velocidad aereando el estiércol y logrando una fermentación que alcanza más de 70 °C de temperatura. En aproximadamente 40 días se logra un material libre de malos olores, moscas y roedores, llamado composta que puede ser usado como mejorador de suelos.

Este sistema puede ser usado en granjas de gran capacidad. Sin embargo, no se conoce su aplicación en granjas porcícolas de México.

Ventajas:

- Proceso muy eficiente
- Relativamente corto tiempo de tratamiento
- Permite el uso o venta de "compost" para fines agrícolas.

Desventajas:

- Implica un elevado costo de inversión y operación
- La producción de líquidos y aguas residuales que son desalojados a ríos o arroyos cercanos (49).

1.9.1.4 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. El equipo 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 y sus principales ventajas son: obtención de un producto que es fácilmente aceptado por el animal y fácil de mezclar en el alimento (59).

Se utiliza en el caso de estiércol semilíquido e implica la construcción de un sistema adicional de tratamiento de los residuos sólidos. Los equipos no son fabricados en México y su uso es muy limitado (49).

Ventajas:

- Permite la reutilización de la fracción sólida del estiércol, lo cual reditúa en ganancias económicas.

Desventajas:

- No es eficiente como proceso
- Es un equipo que requiere mantenimiento y energía eléctrica
- No es un sistema de tratamiento
- Requiere estar asociado a un sistema de tratamiento (49).

1.9.1.5 Transporte

La mayoría de las granjas porcinas en México utilizan el método de secado al aire que produce el tratamiento mixto aerobio-anaerobio del estiércol el cual es aprovechable para fines agrícolas, después de 8 a 12 meses. El método de transporte más usado es el de camiones de volteo cargados con pala mecánica, cuando está disponible en la granja; o en su caso en forma manual utilizando palas de uso común (49).

Ventajas:

- El sistema de transporte como tal es eficaz.

Desventajas:

- No es un sistema de tratamiento.
- Requiere inversión alta en equipo.
- Consume energía para el transporte.
- Requiere estar relacionado a un sistema de tratamiento o reciclaje del estiércol.
- El equipo requiere mantenimiento.
- Requiere personal para manejo del equipo.

1.9.1.6 Secado al vapor

Un método del cual no se conoce su uso en México, es el empleo de tambor rotatorio que utiliza vapor para esterilización y secado del estiércol sólido. Este sistema puede ir acompañado de un molino que tritura el material para hacerlo homogéneo. Los fabricantes del equipo han realizado estudios relacionados con el reciclaje del estiércol en la alimentación de ganado, ya que es la aplicación principal de estos equipos. Es interesante evaluar antes esta tecnología para incorporarla. Los problemas que se prevén para su uso son básicamente: que se requiere de una alta inversión y problemas sanitarios en el reciclaje alimenticio (49).

Ventajas:

- Es eficiente como sistema de secado para el estiércol de cerdo, (a pesar de que no es un sistema de tratamiento).

Desventajas:

- Altos costos de inversión.
- Mantenimiento y operación

1.9.1.7 Riego y aspersión

A partir de las lagunas aeróbicas, fosas anaerobias y fosas de aguas residuales provenientes de digestores anaerobios, el residuo líquido o semilíquido puede ser aprovechado para fines agrícolas. Para esta situación se utilizan sistemas de bombeo o de aspersión de uso común en el medio agropecuario.

Dado que el método más usual de tratamiento de estiércol es el secado al aire, estos sistemas tienen poco uso.

Un dispositivo también utilizado en México pero a una escala muy reducida son las cisternas de transporte y aspersión del estiércol semilíquido. Hay empresas que los fabrican en México. También se pueden conseguir en el mercado equipos de fabricación española y norteamericana. Estos sistemas de riego y aspersión se consideran adecuados pero complementarios a los de los tratamientos del estiércol; sobre todo porque permiten el aprovechamiento de estiércol y aguas residuales para fines agrícolas (49).

1.9.2 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 tiempo (56).

1.9.3 Tratamientos Biológicos**1.9.3.1 Digestores anaerobios**

Mediante este proceso, el estiércol es sometido a la acción de comunidades bacterianas depuradoras que degradan las grandes moléculas constituyentes del estiércol, y las convierten en gases (CO_2 Y CH_4) y biomasa activa (49).

Este sistema es aplicable a granjas que emplean paleo, barrido con agua y, en algunos casos, tanque volteador. El sustrato puede entrar al digestor en forma medianamente líquida, sin ser nunca líquida totalmente. Una proporción de hasta ± 10 L de agua por cerdo, puede ser adecuada para emplear un digestor (49).

En este caso, el estiércol es llevado hacia una pileta de carga donde el estiércol se diluye y homogeniza con agua; posteriormente es introducido al digestor, donde en un medio anaerobio, ocurre la fermentación metánica, que es el proceso biológico básico que permite el tratamiento y estabilización del residuo (49).

Después el residuo pasa por un sedimentador seguido de una fosa de estabilización, finalmente, puede ser empleado con fines agrícolas. Durante el proceso se obtiene biogás, con un 55 – 60% de metano, que puede ser empleado como combustible en diversas actividades. El tiempo de residencia del estiércol en el digestor es de ± 30 días y de todo el sistema de ± 50 días. En el Cuadro 3 se muestran algunos resultados obtenidos de digestores piloto (49).

Ventajas de los digestores anaerobios:

- Bajos costos
- Fácil manejo
- No requiere equipo electromecánico
- Prácticamente no requiere gastos de mantenimiento
- No consume electricidad
- Produce energía adicional en forma de biogás
- Permite el reciclamiento del estiércol para actividades agropecuarias
- Inversión amortizable por uso de biogás
- No hay pérdida de nutrientes
- Puede construirse en zonas periféricas y centros urbanos, pues no tiene el problema de emanación de olores (es un sistema cerrado).

Desventajas de los digestores anaerobios:

- Aunque baja, requiere inversión inicial
- Requiere conocimientos bioquímicos básicos para su diseño y funcionamiento
- Los accesorios y equipo para uso de biogas requieren de inversión adicional
- Requiere estar cercano a campos agrícolas para el uso de los efluentes o en su caso hacer inversiones adicionales para bombeo o transporte del residuo (49).

Cuadro 3. Resultados en algunos digestores pilotos (en el campo).

PARAMETRO	RESULTADO +
pH	7 - 7.8
Alcalinidad (g/l)	60 - 120
CaCO ₃ (g/l)	2.5 - 6.0
NH ₄ ⁺ (g/l)	1 - 1.5
NT (g/kg)	1.5 - 2.0
DBO (mg/l)	500 - 3,500
VE (gas/l d)	0.3 - 0.5
V CH ₄ (l CH ₄ /gVSo)	0.2 - 0.3
Yec (l CH ₄ /gVSo)	0.10 - 0.13
CH ₄ (%)	55 - 60

+ El intervalo depende del grado de dilución del estiércol influente.

NH₄= Concentración de nitrógeno amoniacal

NT= Concentración de nitrógeno total Kjeldahl (g/l_{LM})

VE= Velocidad de producción de biogas (l_{gas}/l_{LM} d)

VCH₄= Velocidad de producción de metano (l_{CH₄}/l_{LM}¹)

LM= Líquido mixto (residuales).

1.9.3.2 Lagunas anaerobias

Esta biotecnología, se emplea en granjas cuyo sistema de limpieza utiliza mucha agua (10 - 20 L por cerdo) para el tanque volteador, charquito o barrido con agua (49).

El sistema consiste en canalizar todos los efluentes de la granja (sólido + líquidos) hacia una gran fosa o laguna especialmente diseñada para que el residuo haga un recorrido largo con un tiempo de retención de 50 días. El punto de carga o entrada del residuo debe estar opuesto al de descarga o salida. La construcción de la fosa se debe realizar en forma rústica, es decir, sin recubrimientos, su forma debe ser en general rectangular (49).

La laguna anaerobica deberá estar complementada con una fosa de sedimentación y almacén de líquidos, que permitan acumular una cierta cantidad de estos últimos para su posterior uso con fines agrícolas (49).

En este caso, el subproducto obtenido es solamente residuo muy diluido (5-10 g de sólidos totales/L); ocurre una pérdida de nutrientes (nitrógeno); y la emanación de olores se dispersa, a través de la superficie de la laguna. En el Cuadro 4, se anotan algunos resultados obtenidos en lagunas anaerobias (49).

Ventajas de las lagunas anaerobias:

- Es económico
- No requiere equipo adicional
- No requiere mantenimiento
- No consume energía
- Es eficiente como proceso de tratamiento de estiércol porcino
- Permite el reuso del estiércol para fines agrícolas
- Es de fácil manejo.

Cuadro 4 Resultados obtenidos en el tratamiento de residuos porcícolas en lagunas anaerobias. Relación entre el influente y el efluente.

PARAMETROS	INFLUENTE	EFLUENTE
pH	6.6	7.0
Alcalinidad (meq/l)	14-21	53
CaCO ₃ (g/l)	0.7-1.0	2.7
NH ₄ ⁺	0.50	0.66
NT _K (g/l)	0.85	0.80
ST (g/l)	7.0-9.0	5-12
SV (g/l)	5-7	2-7.0
Humedad (%)	99.0	98-99
DBO (mg/l)	2300	1,138

NH₄⁺= Concentración de nitrógeno amoniacal

NT_K= Concentración de nitrógeno total Kjeldahl (g/l LM)

LM= Líquido mixto

ST= Materia en sólidos totales (g/l)

SV= Materia en sólidos volátiles (g/l)

DBO= Demanda bioquímica de oxígeno

Desventajas de lagunas anaerobias:

- No puede construirse cerca de centros urbanos pues la eliminación de olores se dispersa
- Requieren sistemas de limpieza con mucha agua
- Hay pérdidas de nutrientes (relativo en la práctica)
- Requieren estar cercanas a campos agrícolas para uso de efluentes o en su caso, hacer inversiones adicionales de bombeo o equipo de transporte.

1.10 Valor nutritivo de la excreta porcina

Se estima que México tiene 13 millones de cerdos (37) y considerando que un animal produce diariamente en promedio 5.4 kg de desechos (orina y heces) (60), 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 clima (36).

En el Cuadro 5 se muestran algunos resultados que reportan diversos investigadores sobre las características nutricionales del estiércol de cerdo (61)

La calidad de nutrientes contenidos en la excreta, 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 (16, 36, 37).

Los componentes que forman el alimento consumido por un cerdo tienen un marcado efecto en el valor nutritivo de la excreta, una dieta basada en maíz y harina de soya presenta una digestibilidad de la materia seca entre 88 y 90%, mientras que la adición de 5% de subproductos fibrosos (paja de trigo y rastrojos) disminuye la digestibilidad 3 a 4 unidades porcentuales, ya que el factor fibroso y laxante de este producto aumenta el paso de alimento por el tracto gastrointestinal (67).

Las excretas porcinas son valoradas económicamente más como fuente de proteína que como fuente de energía en las dietas balanceadas, aunque también destaca su contenido de minerales (Cuadro 6) (61).

Autores como Overhults *et al* 1978 citado por Díaz *et al* 1988 (68), encontraron mejores eficiencias alimenticias para cerdos que consumían excretas fermentadas anaeróbicamente que para los que la consumían no fermentadas. Cuando se observó que la cerdaza pudiera ser un ingrediente en las dietas alimenticias, se desarrollaron diferentes métodos de procesamiento de la cerdaza para disminuir la 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 desagradables o contaminar el agua y fomentar la proliferación de microorganismos patógenos (37, 59).

1.11 Ensilaje

La práctica de ensilar tiene origen muy antiguo. Se menciona en el antiguo testamento que esta técnica se practicaba para la conservación de granos para el consumo humano. En la última parte del siglo pasado, su adopción llegó a extenderse como una técnica de conservación de alimento para consumo animal (69).

El ensilaje consiste en el almacenamiento bajo condiciones anaerobicas de forraje u otro material, de bajo contenido de materia seca, susceptible de descomponerse por la acción de microorganismos aeróbicos y enzimas oxidativas de las plantas. En el forraje usualmente se establece una fermentación láctica (o primaria), en la cual las bacterias productoras de ácido láctico generan ácido láctico y acético a partir de azúcares presentes en esta materia prima. Como consecuencia se reduce el pH a un nivel que impide la fermentación por clostridia (o secundaria). En esta última fermentación el ácido láctico, los azúcares, las proteínas y los aminoácidos, son metabolizados para formar ácido butírico, ácidos grasos superiores, amidas, aminos y amoniaco. La calidad del producto de fermentación (ensilado), normalmente es juzgada por la relación entre los productos de la primera y segunda fermentación. Entre mayor sea la relación mejor es la calidad del ensilado.

La cerdaza puede ser mezclada con melaza, fibras (pajas y rastrojos) y urea, con lo cual se obtienen ensilados de estiércol libres de microorganismos potencialmente patógenos (21, 70). 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 (17, 16, 21, 48). Cualquiera que 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: a) Porcentaje adecuado de proteína cruda en función a las necesidades de los animales, b) Mayor porcentaje de lactobacilos y c) Producción adecuada de ácidos grasos volátiles (AGV) con especial énfasis en el ácido propiónico (67).

Cuadro 5. Composición de estiércol de cerdo en Base Seca (BS)

Materia seca (%)	29.90k	30.70k	32.67e	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	14.80f
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 Eléctro (%)	1.52c	2.00a	2.99k	3.09d	3.47b	3.67c	5.54i	6.23i	8.00e	9.00e	4.47f
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. <i>in vivo</i> de MS en rumiantes (%)	29.00a	51.00j									
D. <i>in vivo</i> de MO en rumiantes(%)	29.00a										
D. <i>in vivo</i> de MS en cerdos (%)	49.00a										

a) Iñiguez (21), b) Campabadal (16), c) Castrejon (48), d) Molina (54), e) Kornegay y col (62), f) Orr y col (63), g) Ramírez (18), h) Smith and Wehler (64), i) Toledo (60), j) Tinnimit y col (65), k) Van Dyke y col (66), l) Peña R. (23)

ELN = Extracto libre de nitrógeno, FDN= Fibra detergente neutra, FDA= Fibra detergente ácida, D= Digestibilidad, MS= Materia Seca, MO= Materia orgánica

1.12 Utilización de melaza en los ensilados

La melaza es un subproducto de la fabricación de la caña de azúcar que se utiliza como saborizante y aglutinante en las raciones alimenticias; también se utiliza para la producción de alcohol. El valor nutritivo de la melaza se debe principalmente a que contiene 55% de azúcares solubles, el contenido de proteína es mínimo y estas no son digestibles. Su olor y sabor agradan tanto a los rumiantes, que al mezclarla con forrajes toscos u otros alimentos incrementa su consumo. En la alimentación de rumiantes el uso de la melaza está muy extendido, por ser considerado un ingrediente económico (44, 71). En la elaboración de

ensilado, tienen gran importancia ya que contribuyen con un adecuado aporte de carbohidratos solubles para que se produzca la fermentación láctica (29).

Cuadro 6 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, Ramirez, 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 Webeler 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 Webeler
Fósforo (%)	1.60 ± 0.75	Iñiguez, Campabandal, Kornegay y col., Orr et. al., Smith y Webeler
Magnesio (%)	0.73 ± 0.32	Campabandal, Kornegay y col., Smith y Webeler
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 Webeler
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, Ramirez, Van Dyke y col., Toledo
Fibra detergente ácida (%)	21.94 ± 11.02	Iñiguez, Campabandal, Ramirez, Van Dyke y col., Toledo
Lignina (%)	10.64 ± 15.50	Iñiguez, Campabandal, Ramirez, Toledo
Celulosa (%)	15.87 ± 8.96	Iñiguez, Campabandal, Castrejón, Ramirez, 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

En un experimento realizado por Kamra y Srivastava 1994 (72) con diferente inclusión de melaza al 0, 2.5, 5.0 y 10 % adicionada a una mezcla que consistía de 80% de excretas de cerdo y 20 % de paja de trigo, en base fresca, además cada una de las mezclas fue inoculada con 1% de *Lactobacillus plantarum* y *Streptococcus faecalis*. Después de un periodo 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 la generación de ácido láctico durante el periodo de fermentación. El nivel de melaza al 5 % de la mezcla, fue el mínimo para producir un ensilado de buena calidad.

Sin embargo, Cobos 1987 (67) 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 con base en 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 acética - butírica, este tipo de fermentación es indeseable ya que generalmente es producida por diferentes especies de *Clostridium*, 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 recomienda una inclusión máxima de 20% de melaza en el ensilado.

Otros autores mencionan que los ensilados con cerdaza son deficientes en energía, por lo cual se debe adicionar una fuente de carbohidratos de fácil degradación (16, 17). 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 (21, 73). Cuando el forraje 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 *Clostridium*); situación inversa ocurre, cuando el forraje tiene una cantidad excesiva de azúcares y 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 (44, 71). En mezclas de estiércol de cerdo, paja de trigo y melaza, Iñiguez 1991 (21) obtuvo más del 6% de carbohidratos solubles en agua (CSA base seca), lo cual se consideró como un mínimo para una buena fermentación láctica en 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 carbohidratos (glucosa, sacarosa y fructosa), se transforman durante el proceso, esto mismo es posible que suceda en un ensilado con melaza y excretas (74).

1.14 Utilización de pajas y rastrojos en rumiantes

Los subproductos agrícolas son los remanentes de la obtención de los productos agrícolas, y constituyen una enorme reserva de forraje tosco susceptible de utilizarse en la alimentación animal (75).

En México se producen alrededor de 74 millones de toneladas de esquilmos de diferentes especies agrícolas como el maíz, sorgo, frijol, cebada, etc., además de 14 millones de subproductos agroindustriales, como el bagazo de caña, pastas de oleaginosas y el orujo de uva, entre otros (76).

Datos publicados por Castañeda y Monroy 1984 (77) mencionan que en la producción nacional de esquilmos destaca el rastrojo y el olote de maíz (55%), subproductos (17%), paja de sorgo (11%) la paja de trigo (11%); los demás esquilmos representan en conjunto aproximadamente el 6%.

La importancia de los esquilmos agrícolas radica, en primer lugar, en su disponibilidad debido a la superficie destinada a la agricultura, y en segundo lugar, en que el forraje producido no es suficiente para satisfacer las demandas de materia seca del ganado existente, por lo que los esquilmos agrícolas constituyen un recurso potencial para satisfacer este déficit. Presentan, sin embargo, deficiencias principalmente de proteína y algunos minerales, razón por la cual generalmente deben complementarse.

Los esquilmos de cosechas han sido empleados tradicionalmente en el agro mexicano para alimentar a los animales, particularmente a aquéllos dedicados a las actividades de trabajo, tanto vacunos como cabalares, sin representar un ingreso adicional para el agricultor (77).

Los residuos de maíz ofrecen una gran potencial como fuente de alimento para la industria de la carne bovina; sin embargo deben adecuarse de manera económica y logística a un sistema de producción, ya establecido, es decir, el ganado y los residuos deben encontrarse en la misma área, ya que transportar los residuos agrícolas no es económicamente redituable. En ocasiones es posible transportar el ganado hacia donde se encuentran dichos residuos, sin embargo Klopffstein *et al.*, 1991 (78), menciona esta práctica eleva los costos de producción.

La información general en el ámbito nacional en cuanto al uso de los esquilmos indica que alrededor del 44% de la producción se emplea como alimento para el ganado. Los sistemas menos eficientes como el pastoreo directo y el suministro en "greña" (sin sufrir ningún proceso físico), representan cerca del 50%. Respecto al rastrojo de maíz, un 85% se utiliza en sistemas integrales de alimentación por la ganadería; 32% se pastorea; 21% se consume en forma de greña, 10% es empacado y 11% molido (77). En numerosas ocasiones se ha destacado la importancia de los subproductos agrícolas (pajas y rastrojos), como parte integral de los sistemas de alimentación de rumiantes, particularmente de ovinos y bovinos productores de carne, no obstante, dichos subproductos presentan limitaciones tanto nutricionales como no nutricionales, que impiden su incorporación a niveles superiores en las raciones tradicionales.

1.13.1 Características de los esquilmos.

Las principales características comunes de estos subproductos lignocelulosicos son las siguientes:

- ❖ Alto contenido de paredes celulares, generalmente mayor al 60%.
- ❖ Bajo contenido de proteína cruda, menor al 7% y de baja disponibilidad.
- ❖ Contenido inferior al 60% de TND (total de nutrientes digestibles).
- ❖ Bajo porcentaje de digestibilidad
- ❖ Bajo consumo voluntario Gran voluminosidad (75).

1.13.2 Limitantes del empleo de esquilmos

La principal limitante para la utilización de los esquilmos es su baja concentración de nutrientes, ya que por si solos no satisfacen los requerimientos nutricionales mínimos de mantenimiento de los animales. La amplia relación de volúmen-peso de los esquilmos, aunada a su escaso aporte nutricional, restringe su utilización racional en la alimentación de los animales, debido a que se diluye la concentración de nutrientes que se pueden aportar por la ración total (77).

Otro factor limitante para el aprovechamiento adecuado de los esquilmos es la escasez y poca versatilidad de la maquinaria forrajera existente, además de la falta de conocimientos

técnicos, situación que se aprecia cuando los esquilmos son quemados e incorporados al suelo desaprovechando la energía contenida (77).

El uso de esquilmos se ha realizado a través del tiempo en forma conjunta con el desarrollo de la ganadería, aceptando su limitado valor nutritivo, por lo que cualquier esfuerzo tendiente a mejorar la calidad alimenticia de los esquilmos agrícolas debe ser apoyado (77).

Los altos contenidos de fibra y la baja digestibilidad de ésta son generalmente aceptados como los factores responsables del bajo valor energético de los esquilmos. Como se sabe, los mayores constituyentes de la fibra son celulosa, hemicelulosa y lignina, por lo que la composición química y física de los esquilmos; así como la interrelación entre estos constituyentes y el número y tipo de microorganismos, determinan la disponibilidad de la celulosa y hemicelulosa como fuente de energía para la microbiota ruminal que finalmente es utilizada por el rumiante (77).

La estructura y composición química de la pared celular de los esquilmos, varía considerablemente de acuerdo con la especie, variedad, edad de la planta y el tipo de célula. En los forrajes maduros, la pared celular consta de tres regiones: pared primaria, pared secundaria y lámina media.

La pared primaria de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, esta compuesta por fibras de celulosa, entremezcladas con una combinación de polizacáridos con glicoproteínas. Cuando la pared celular primaria cesa su crecimiento, la pared secundaria esta presente debajo de ésta, con un grosor similar al de la pared primaria y con un depósito de lignina. La lámina media está conformada de polisacáridos con pectina entre las células maduras y lignina (79).

La pared primaria consiste de dos hojas: la externa contiene predominantemente fibras longitudinales y en cambio en la interna sobresalen las fibras de celulosa transversa (79), las cuales se encuentran entrelazadas con una matriz de hemicelulosa que a menudo se encuentra engrosada y es más densa que la pared primaria (con tres hojas de fibras de celulosa entremezcladas con una matriz de hemicelulosa-lignina). Las fibras están depositadas en forma de hélice alrededor del eje celular, y pueden ser distinguidas por la dirección de la hélice y el ángulo de orientación (79).

La celulosa esta constituida por cadenas lineales con enlaces beta 1-4, unidades de glucopiranosas unidas también por puentes de hidrogeno y fuerzas de Van der Waals. La celulosa cristalina presenta una alta resistencia a las enzimas celulolíticas, mientras que la holocelulosa (celulosa y hemicelulosa) es casi enteramente digerida por estas enzimas. Por lo que la estructura tridimensional de la lignina previene del ataque enzimático microbiano a la estructura de carbohidratos; otros procesos físicos y químicos como el molido y la delignificación permiten el acceso de las enzimas para que ataquen a estos carbohidratos (79).

Beveridge y Richards 1975 (80) mostraron que en el rumen la celulosa cristalina y amorfa se digiere a niveles similares, sugiriendo que en este medio complejo, la cristalinidad de la celulosa no limita la tasa de digestión de la misma. La situación es diferente dentro de las células de los protozoarios, donde participan principalmente las enzimas endocelulasas y algunas enzimas que actúan adheridas a la superficie de la partícula de la planta engullida.

1.13.3 Tratamientos de los esquilmos

El costo involucrado para incrementar significativamente el valor energético de los forrajes toscos, a través de procesos físicos o químicos, es prohibitivo y no es posible ponerlo al alcance de los pequeños o medianos productores que son los que poseen el mayor número de animales alimentados con los esquilmos: En consecuencia, durante los últimos años se han investigado otras alternativas que sean económicamente accesibles a todos los productores y que propicien la mejor utilización, no solo de los subproductos si no de todos los ingredientes que integran la ración que se proporciona a los animales (81).

1.13.3.1 Tratamientos físicos

Los principales métodos físicos para incrementar el valor nutritivo de los esquilmos son: la molienda, cocción a presión, irradiación y peletizado. Aunque mejoran la digestibilidad, la molienda muy fina en trituradoras y la irradiación es muy onerosa, por lo que no tienen repercusión comercial (77).

1.13.3.2 Tratamientos químicos

Dentro de los tratamientos químicos más comunes están los tratamientos alcalinos, con el hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de calcio (Ca OH₂), hidróxido de amonio (NH₄OH), hidróxido de potasio (KOH) y amonio anhidro (NH₃) (77).

El método Beckman de tratamiento alcalino consiste en remojar la paja en una solución alcalina diluida por 24 horas y posteriormente lavarla con agua limpia. La digestibilidad es incrementada de 40% a 70%. Este proceso ha sido conocido por más de 50 años, sin embargo no se ha utilizado debido a que el tratamiento es costoso, además de que no puede ser industrializado. El proceso por aspersión en el que la paja es mojada con una solución alcalina, es un método mejorado, pero tiene problemas nutricionales debido a que la paja no es lavada después del tratamiento. El tratamiento alcalino desorganiza la pared celular al separar la hemicelulosa, lignina y sílice por hidrólisis de los ésteres de ácido urónico y acético y por hinchamiento de la celulosa (82).

El tratamiento de la paja con amoníaco tiene un gran interés y futuro en nuestro país, y ofrece ventajas con respecto a los otros métodos de tratamientos; ya que no tiene alcalis residuales y aumenta el contenido de nitrógeno en la paja (77).

1.13.3.3 Tratamientos biológicos

Estos tratamientos incluyen preparaciones de enzimas así como el uso de bacterias y hongos que son capaces de degradar lignina. El uso de enzimas polisacaridasas puede ser una alternativa en el tratamiento de pajas (83).

Las bacterias pueden metabolizar la lignina pero muy lentamente, mientras que los hongos, sobre todo los denominados de la pudrición blanca, la degradan completamente debido a la presencia de enzimas fenoloxidasas. Dentro de los hongos de la pudrición blanca (*Basidiomicetos*) se encuentran los del género *Pleurotus* los cuales pueden crecer sobre diversos sustratos como pajas; así el uso de esquilmos agrícolas para cultivar hongos de este género puede ser una alternativa para lograr un manejo más adecuado y eficiente de los subproductos agrícolas, éstos después de haber sido utilizados para la producción de hongos, pueden emplearse como pajas mejoradas para la alimentación animal. Los

esquilmos agrícolas utilizados para el cultivo de hongos han mostrado tener mayor valor nutritivo cuando se emplean para alimentar rumiantes, por lo cual es posible obtener de esta forma alimento de alto valor nutritivo para consumo humano, como son los hongos y además mejorar la alimentación del ganado (84).

1.14 Patrón de fermentación ruminal

Dietas con alto contenido de forraje producen un patrón de fermentación que fluctúa entre 65:25:10% y 70:20:10% (de acetato: propionato: butirato expresado en porcentaje molar), por otro lado cuando la cantidad de concentrado en la ración se incrementa por arriba de 60% las proporciones de AGVs varían en el orden de 45:40:15% y 50:40:10%, respectivamente Shimada 1991 (85) citado por Angeles 1996.

Dietas ofrecidas a base únicamente de forraje, produjeron la proporción de 65-74% de ácido acético; 15-20% de propiónico y 8-16% de butírico, sin embargo, forrajes de alta calidad y con una molienda fina generaron la reducción en la proporción de acético y el incremento de propiónico o de butírico o de ambos ácidos grasos volátiles. Aun cuando se señalan algunas proporciones promedio, la concentración de AGVs en el líquido ruminal, no refleja necesariamente su tasa de producción y absorción. En estudios realizados con dietas bajas y altas en concentrado, se observó que a pesar de que la concentración de ácido acético se redujo, el nivel de producción no disminuyó en igual magnitud, debido posiblemente a que al mismo tiempo que se incrementó, la producción de propionato se elevó, la absorción de todos los ácidos grasos volátiles (86).

La desaparición de protozoarios generalmente se asocia a la disminución de la concentración de butirato e incremento en propionato o acetato Joany 1994 (87) citado por Angeles 1996.

1.15 pH ruminal

El potencial de hidrogeniones refleja la condición de balance entre la capacidad amortiguadora (saliva, sales de bicarbonato, capacidad amortiguadora de la ración) y la acidez de la fermentación. Al incrementarse la acidez se reduce la proporción de acetato: propionato, al aumentar la alcalinidad se amplían las relaciones acetato: propionato (88).

La inclusión de carbohidratos altamente solubles en la dieta, origina una proliferación específica de microorganismos ruminales productores de ácido láctico (*Streptococcus bovis* y *Lactobacillus spp.*), lo cual provoca una disminución del pH ruminal Dirksen 1970 (89) citado por Angeles 1996.

A pesar de que no puede definirse un pH óptimo en el medio ruminal, los microorganismos encuentran condiciones favorables en valores cercanos a 6.5, con lo cual su metabolismo es más eficiente, y son severamente afectados a pH superior de 8 e inferior a 5.5, siendo este último un factor que afecta grandemente la concentración en su población (90, 91, 92). Además la viabilidad de las bacterias celulolíticas se afecta desde valores de pH inferiores a 6.5, y por consecuencia se presenta una reducción sobre la fermentación de los carbohidratos estructurales de los alimentos. En condiciones ruminales de pH ácido, el ataque bacteriano a las paredes celulares se hace difícil por lo que se reduce la digestión (93). Un pH superior a 6.2 es óptimo para obtener una adecuada digestión Rodríguez y Llamas 1990 (94) citado por Angeles 1996.

1.16 Nitrógeno amoniacal.

La fuente más importante de nitrógeno para los microorganismos ruminales procede normalmente de las proteínas de la ración y del nitrógeno no proteico (NNP). La microflora ruminal es altamente proteolítica, por lo que gran parte de la proteína que llega al rumen es degradada hasta péptidos y aminoácidos, la mayor parte de los cuales son desaminados posteriormente. Las bacterias proteolíticas exclusivamente son escasas, ya que las cepas aisladas parecen utilizar otras bacterias como fuentes de nutrientes. Las proteínas solubles, aminoácidos y péptidos son rápidamente degradados hasta amoniacal; lo cual sugiere que las proteínas solubles se adhieren rápidamente a las bacterias y estas las degradan (95, 96). La actividad proteolítica se puede medir por determinación de la curva de producción de amoniacal en el rumen posterior a la administración de proteína, por vía oral o en forma intraruminal, aunque el nivel de degradación depende de una serie de factores limitantes, algunos inherentes al animal, o por la misma actividad microbiana.

Diversas fuentes de nitrógeno contribuyen a la producción de amoniacal ruminal como es el el (NNP) de la dieta, el nitrógeno salival y posiblemente, pequeñas cantidades de urea que

penetran al rumen a través de sus paredes. Todas estas fuentes casi en su totalidad son convertidas en amoniaco. Dependiendo del tipo de dieta ofrecida a los rumiantes, los microorganismos ruminales convierten a amonio 60-90% del nitrógeno consumido diariamente, y de 50-70% del nitrógeno bacteriano puede derivarse del amoniaco Mathison y Milligan 1971, Tamminga 1979 (97, 98) citado por Angeles 1996.

Niveles de 50 mg de amoniaco/l de líquido ruminal pueden ser suficientes para un crecimiento bacteriano óptimo. No obstante otros autores señalan que el rendimiento bacteriano no se incrementa como resultado de aumentar la concentración de amoniaco en el rumen por encima de 50 mg/l (99).

Estos valores difieren de lo indicado por Mehrez *et al* (100), quien define que la concentración óptima de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) en el fluido ruminal es aquella que da como resultado la máxima tasa de fermentación o la máxima tasa de síntesis microbiana por unidad de sustrato fermentado. Estos autores mencionan una concentración óptima es de 235 mg/l de fluido ruminal.

La proteína derivada de las bacterias es mayor que la de los protozoarios (55 vs 38%); sin embargo, la mayor digestibilidad se observa en los protozoarios (88 vs 66%), lo cual indica que tanto el contenido de proteína digestible (36.3 vs 33.4%) como el valor biológico es de (77 vs 78%) para las bacterias y protozoarios respectivamente. La utilización neta de la proteína de protozoarios es superior a la de origen bacteriano (55 vs 67%) Chalupa 1977 (101) citado por Angeles 1996.

1.17 Población de microorganismos ruminales

Los rumiantes dependen para su supervivencia de una diversa comunidad microbiana, conformada por bacterias, protozoarios y hongos que fermentan los nutrientes de los alimentos, después los rumiantes obtienen sus nutrientes del aporte de los microorganismos del rumen y de los constituyentes del alimento que no son fermentados en este compartimento digestivo, este órgano cuenta con un medio ambiente de características fisicoquímicas especiales, con un aporte excelente de nutrientes, que mantiene la vida de los microorganismos y de los rumiantes.

El compartimento retículo rumen es reconocido como un fermentador discontinuo en el cual los carbohidratos, proteínas y lípidos de los alimentos son transformados y producen ácidos grasos volátiles, metano, amoníaco, bióxido de carbono y biomasa microbiana. Comúnmente el fluido ruminal contiene gran cantidad de bacterias y protozoarios, con concentraciones bacterianas que se extienden a más de 10^{10} /ml y concentraciones de protozoarios cercanas a 10^6 /ml. Existen grandes poblaciones de microorganismos adheridos estrechamente a partículas de alimento y muchas microcolonias que están próximas a la pared del rumen Harrison y Mc Allan 1980 (102) citado por Angeles 1996.

El rumen contiene una mezcla de partículas alimenticias y microorganismos en los cuales están incluidos: protozoarios ciliados, protozoarios flagelados, hongos, bacterias grandes, bacterias chicas y bacteriofagos, muchos de los cuales interactúan entre si. Bajo estas condiciones los microorganismos más importantes de los componentes vivientes de este sistema son los protozoarios y las bacterias. Los protozoarios engullen alimento y bacterias al mismo tiempo. El compartimento ruminal de los ovinos tiene un volumen aproximado de 5 L con una temperatura de 39°C y un flujo semicontinuo de alimento colonizado. La actividad de todos los microorganismos del rumen es anaerobia, sin embargo ellos pueden ser aeróbicos facultativos en una pequeña cantidad, por lo que el contenido tiene un pequeño potencial redox. Desde el momento que el alimento es consumido, los microorganismos tienen un ambiente caliente, anaerobio y usualmente deficiente en componentes solubles tales como azúcares y aminoácidos, los cuales son ricos en materiales relativamente indigestibles, como fibra de celulosa y granos de almidón. Como el rumen es similar a una forma esférica, las paredes no son tan importantes como la superficie para proporcionar una fuente de nutrientes. La naturaleza del medio ruminal determina el tipo de protozoarios que son encontrados, así como su fisiología y bioquímica Coleman 1986 (103) citado por Angeles 1996.

1.17.1 Protozoarios ciliados en el rumen

Los protozoarios ciliados en el rumen comprenden dos familias principales. La más numerosa es generalmente la familia *Ophryoscolecidae*, orden *Entodinomorphida*; sus integrantes son móviles, anaerobios y tienen un tamaño en el rango de 20-500 (la mayoría 50-100) μm de longitud. Los otros protozoarios son de la familia *Isotrichidae*

(anteriormente *Holotrichidae*) pertenecientes al orden *Trichostomatida*. En esos organismos los cilios que cubren la superficie entera permiten una propulsión rápida a través del líquido ruminal. Al menos 17 géneros de *Ophryoscolocidae* son comúnmente encontrados en el rumen y hasta 15 de holotrichos. La mayoría de las especies de protozoarios son únicas en el rumen y no se encuentran en otro lugar en la naturaleza (104).

Los protozoarios ciliados suelen formar una parte substancial del sistema ecológico de los microorganismos del rumen, representando en determinadas circunstancias más del 75% de la masa total de los microorganismos presentes. Los protozoarios ciliados holotrichos han sido observados frecuentemente en muestras obtenidas de regiones principalmente fermentativas en el tracto digestivo de mamíferos herbívoros (92).

Los protozoarios ruminales están altamente especializados para crecer en el ecosistema ruminal. La mayoría de estos son ciliados, existen en poblaciones de 10^5 a 10^6 protozoarios/ml encontrados tanto en el rumen como en el omaso. La población depende del animal hospedador para abastecerse de alimento, pero también transforma las paredes de vegetales y los constituyentes bacterianos en componentes celulares y metabólicos, que son utilizados por el (105).

La presencia o ausencia de protozoarios afecta una serie de características ruminales entre las que figuran el pH, la concentración de amoníaco, la concentración o proporción de ácidos grasos volátiles, el número y tipo de bacterias presentes, el volumen, la tasa de dilución y todo esto puede afectar la tasa y grado de digestión (92).

1.17.2 Protozoarios holotrichos

Estas especies utilizan típicamente azúcares. Los holotrichos pueden contribuir de manera indirecta a la digestión de la celulosa. Se desplazan con rapidez hacia los focos de difusión de azúcares solubles y se adhieren a ellos. Pueden mantener su número en el rumen evitando su salida del rumen con el flujo de la ingesta. De las variaciones diurnas en el número de protozoarios uno de los patrones más característicos lo presentan los holotrichos, estos incrementan su número a la hora de alimentación o justo antes, alcanzan su máximo en la alimentación o dentro de una o dos horas después y posteriormente disminuyen abruptamente al nivel prealimentación (106).

1.17.3 Factores que influyen en la población de protozoarios

La dieta proporciona los nutrientes disponibles para los microorganismos y las condiciones fisico-químicas del ambiente ruminal. Por esta razón la densidad de población de los protozoarios ciliados está estrechamente relacionada con la dieta del animal. Una baja densidad de ciliados se presenta con forrajes de pobre calidad. La adición de almidones favorece el desarrollo de entodimórfidos, mientras que los holotrichos responden más a la adición de azúcares solubles. Se ha observado que la presencia de entodimórfidos ciliados de gran tamaño mejora la digestión de constituyentes de la pared celular en el rumen. Esto puede ser explicado por: a) Su actividad específica, la cual juega un papel importante en la fase inicial de hidrólisis y en la degradación de las fracciones más resistentes de la pared celular; b) El efecto que puede tener una retención de las partículas de alimento en el rumen; c) La estabilización de las condiciones fisicoquímicas del ambiente ruminal que favorece el desarrollo de la flora celulolítica en donde su efecto es complementario al de los protozoarios (107). La actividad celulolítica de los protozoarios ha sido demostrada. Se ha encontrado que 62 a 70% de la carboximetilcelulosa presente en el líquido ruminal, fue producida por protozoarios. Algunos ciliados como *Epidinium ecaudatum*, *Eremoplastron bovis*, *Eudiplodinium maggii*, *Ophryoscolex caudatus*, *Ostracodinium abtusum* poseen enzimas capaces de hidrolizar celulosa cristalina.

Los holotrichos se observan más en rumiantes domésticos, que en animales silvestres, y su número en el rumen aumenta cuando la dieta contiene carbohidratos solubles, Dehoroty y Purser 1970 (108) citado por Angeles 1996 como en pastos frescos de clima templado o con caña de azúcar.

El número de holotrichos presentes en el rumen de animales domesticados generalmente muestra una concentración de 10^5 /ml y en dietas con forraje, este género representa un 20% (12 a 40%) del total de la población ciliada (109).

1.17.4 Ciclos diarios de protozoarios

El número de holotrichos en el rumen no es constante a lo largo del día, cambios marcados en el tamaño de la población, que ocurren en los periodos de prealimentación y postprandiales. Así mismo la variación diaria en el número de ciliados holotrichos y

entodimorfidos en el rumen es diferente.

La población de entodimorfidos disminuye a las 16 hrs después de la alimentación, existiendo un incremento alrededor del periodo prealimentación (110), mientras que la población de holotrichos declina por un periodo de 12 a 20 hrs post alimentación (105).

Suministrando alimento en forma directa al rumen en dos ocasiones al día, se produjo un incremento tres veces superior al número de protozoarios obtenido antes de alimentar, esto sucedió inmediatamente después de cada ofrecimiento de alimento. La aparición de protozoarios en el líquido ruminal después de la alimentación ha sido asociada con azúcares solubles que penetran al fluido ruminal (111).

1.17.5 Efecto de los protozoarios sobre la tasa de consumo y digestión de bacterias.

Los protozoarios entodimorfidos engullen bacterias, en ocasiones seleccionando, matando y digiriendo algo de ellas, con liberación de productos de la digestión hacia el medio ruminal, como ocurre con *Selenomonas ruminantium* y *Bacteroides fibrosolvans*, que son tomadas del estrato superior y digeridas rápidamente por las muchas especies de protozoarios. Todas las especies de protozoarios ingieren una mezcla de bacterias ruminales, pero no todas las especies son digeridas, por lo que no se vierten los productos solubles de la digestión al medio ruminal. La presencia de protozoarios ciliados en el rumen provoca la disminución de 50 a 90% del número de bacterias ruminales, esto no constituye una regla universal, pero si existe un efecto selectivo sobre ciertas especies individuales; bajo esta circunstancia, el número de bacterias celulolíticas rebasa el número de bacterias amilolíticas, las cuales pueden disminuir en presencia de *Entodinium spp.* Así mismo la actividad de los protozoarios al engullir bacterias provoca que se liberen productos disponibles para las bacterias ruminales que no son digeridas, con lo cual se proporciona carbono y nitrógeno bacteriano, en una proporción de 3 o 4 veces al día, debido al flujo de salida de los protozoarios del rumen y, la razón de encontrar bacterias como *Klebsiella aerogenes* y *Proteus mirabilis* en el interior de los protozoarios en cultivos *in vitro*, es discutible y se sugiere que representan un balance entre la tasa de desarrollo y la de producir una cubierta protectora contra la actividad enzimática, evidencia de que se presenta con celulasas solubles de protozoarios, las cuales no son producidas por las

bacterias intracelulares. La mayoría de los organismos ciliados y particularmente *Entodinium spp.*, ingiere los almidones del grano rápidamente (en pocos segundos como el *Entodinia*), mientras que el consumo de bacterias continua alrededor de 24 h. Las condiciones de muerte por necesidad de alimento de los protozoarios no favorece la digestión de las bacterias, aunque cada protozario cuando se alimenta ingiere por encima de las 1000 bacterias en 24 hrs Coleman 1988 (112) citado por Angeles 1996.

Los protozoarios depositan a las bacterias dentro de vesículas en el endoplasma (113), las cuales contienen enzimas digestivas y líticas (105), además de poseer maltosa y glucosa en vesículas cercanas provenientes de la digestión del almidón de granos (114). El pH óptimo para este consumo de bacterias es de 6 a 7 (112, 115) citado por Angeles 1996.

Corderos alimentados con heno y concentrado, los cuales fueron mantenidos libres de ciliados desde el nacimiento, y que posteriormente fueron colonizados con ciliados del rumen, el número de bacterias pequeñas disminuyó de 36×10^9 a 14×10^9 Eadie y Hobson 1962 (116) citado por Angeles 1996.

De manera similar encontraron una disminución en el número de bacterias que digerían almidones en presencia de *Entodinia*, cuando alimentaron corderos defaunados y posteriormente colonizados con protozoarios, en animales alimentados una vez al día, la colonización máxima bacteriana ocurrió un tiempo después de este día. Concluyen que los protozoarios no son selectivos al engullir pequeñas bacterias, y que la disminución en el número de bacterias corresponde estrechamente con el número de protozoarios Kurihara *et al* 1968 (117) citado por Angeles 1996.

Los protozoarios tienen un efecto negativo sobre la población de bacterias aminolíticas ruminales Kurihara *et al* 1978 (118) citado por Angeles 1996, como resultado de la competencia entre estos y las bacterias por la utilización de sustratos y la particular habilidad de los protozoarios de ingerir granos de almidón y bacterias Jouany 1994 (87) citado por Angeles 1996.

En presencia de protozoarios ciliados se reduce significativamente la actividad aminolítica en el rumen, se observa menor digestión del almidón en el medio ambiente ruminal, y por consiguiente se reducen los cambios drásticos en el pH Mendoza 1991 (119) citado por

Angeles 1996.

1.17.6 Protozoarios sobre el reciclamiento de nitrógeno y carbono bacteriano

Se ha estimado que el nitrógeno aportado por los protozoarios es de un 20% en forma de nitrógeno amoniacal total el cual llega a duodeno Nolan y Leng 1972 (120) citado por Angeles 1996. Murphy *et al* (111) al alimentar borregos con trébol henificado, considerando que ingresaba 14.2 g de nitrógeno, a la fosa ruminal en forma diaria, y tan solo 4.4 g fueron reciclados en forma de proteína microbiana. Lo cual sugiere que dicha situación se debe a la acción de bacteriofagos, fagocitosis y digestión por protozoarios, o destrucción y lisis de bacterias.

Coleman 1975 (121) citado por Angeles 1996, estableció que 1% de las bacterias son engullidas y digeridas por los protozoarios cada minuto. También menciona que después de la digestión los aminoácidos bacterianos son liberados (45 g/día) dentro del rumen, los cuales se encuentran disponibles para la fermentación y como fuente de carbono y nitrógeno para el resto de las bacterias ruminales.

Cottle *et al* (122) suministrando nitrógeno dentro del rumen de ovinos alimentados con paja de avena y sucrosa, y midieron el flujo de nitrógeno, entre el ión libre, fracciones de proteína bacteriana y de protozoarios. Establecieron bajo estas condiciones, la cantidad de protozoarios, la cual fue de 38% de la biomasa microbiana, equivalente a 1.3 g de nitrógeno de protozoarios, y 2.2 g de nitrógeno bacteriano en el rumen en forma diaria. El reflujo de nitrógeno directo entre bacterias y protozoarios fue de 6 g diariamente.

Muchos pero no todos los ciliados del rumen contienen bacterias adheridas a la superficie pelúcida. Diversas evidencias han sido descritas donde las bacterias adheridas a once especies de ciliados son metanogénicas, sin embargo las bacterias adheridas a cada protozoario son muy variables, la proporción de ciliados con superficie metanogénica puede depender del estado nutricional del huésped, observándose una disminución de un 65% a 25% después de comer (123).

La vida media de todas las especies de protozoarios del rumen estudiadas es considerada longeva en el líquido ruminal. En todas las especies estudiadas más del 60% del carbono

que procede a partir de protozoarios, es liberado en el rumen el cual ingresa a formar carbono-metano; indicando una lisis y degradación de protozoarios; los pequeños protozoarios entodimórfidos tienen tiempos de vida similares, tanto en bovinos como ovinos, con dietas respectivas los protozoarios grandes del rumen de bovinos y ovinos son retenidos por lo que están en mayor amplitud que los protozoarios pequeños, la vida media de los grandes protozoarios holotrichos es mayor que la de los entodínios Leng 1988 (124) citado por Angeles 1996.

La presencia de protozoarios en el rumen podría ser detrimental para la eficiencia de producción de los rumiantes por disminuir la tasa de flujo del nitrógeno hacia el duodeno. De forma clara se mostró que los protozoarios consumen bacterias, estudios posteriores indicaron que los protozoarios son preferentemente retenidos en el rumen Coleman 1975, Weller y Pilgrim 1974 (121, 125) citado por Angeles 1996.

De cualquier modo la disponibilidad de la proteína bacteriana depende de las especies de protozoarios presentes en la concentración poblacional. Por lo que al parecer los borregos libres de protozoarios presentan una mayor cantidad de proteína de sobrepaso para la fermentación ruminal (126).

1.17.7 Migración y secuestro de protozoarios

Los protozoarios holotrichos son secuestrados en la pared del retículo y migran hacia el rumen en poco tiempo después de la comida. Se considera que la migración de protozoarios se debe a la naturaleza química del alimento, y a la acción física de la ingestión del alimento, como la profusa salivación que ocurre tanto en el proceso de ingestión, como en la rumia Murphy *et al* 1985 (111) citado por Angeles 1996.

En el ganado alimentado una vez al día, todos los holotrichos son secuestrados en el rumen justo antes de la alimentación. Por otro lado todos los holotrichos aparecen en el fluido ruminal a partir de 3-4 h después de la alimentación (127, 128, 111). Los holotrichos secuestrados ocupan sitios específicos sobre la digesta en el rumen, pero esto se relaciona a la posición que ocupan cuando el animal consume alimento Bauchop 1980 (129) citado por Angeles 1996.

El secuestro de protozoarios sobre las partículas grandes en el rumen o en el epitelio

reticular (106, 129), parece ser una buena razón para explicar la retención de los protozoarios. Presumiblemente, los protozoarios son arrastrados del rumen durante la fase líquida digestiva (algunas horas después de la alimentación), pero tienen continuamente cambios de los sitios de secuestro a lo largo del día, para asegurar su adherencia a partículas para no ser arrastrados y salir del rumen. La población de protozoarios ha sido estimada por conteo directo de un volumen conocido de fluido ruminal.

1.17.8 Mortalidad de protozoarios

Existe evidencia de que un 65% de los protozoarios del rumen mueren a través de su paso por el tracto digestivo (130). Existen enzimas relacionadas con lisis celular siendo importante en el rompimiento de grandes moléculas en el rumen. Las principales causas de muerte son consideradas como traumas físicos tales como explosión a condiciones de oxígeno de los anaerobios estrictos, y a soluciones hipotónicas durante la ingestión de agua y durante la rumia (131).

1.18 Justificación

La alimentación de las ovejas de pie de cría en nuestro país, tradicionalmente se efectúa basado en subproductos y esquilmos agrícolas. Debido al aumento del precio de las materias primas tradicionales, se han utilizado fuentes alternativas de alimentación como las excretas animales. Por el elevado costo de la pollinaza, actualmente se ha incrementado el uso de las excretas porcinas. En México, un estudio realizado por el Programa de Medio Ambiente del Consejo Mexicano de Porcicultura, en el que encuestaron a 231 productores, obtuvieron que 76% de las granjas cuentan con un sistema de tratamiento, entendiéndose por ello contar como mínimo con una laguna de oxidación; 9% cuenta con un pretratamiento en una fosa o en un cárcamo, 28% cuenta con separador de sólidos en forma mecánica, 72% hacen la separación en forma manual y el 10% descarga en forma directa, esto es sin tratamiento, a algún cuerpo receptor (suelo, arroyo, barrancas, etcétera). 23% de las granjas utilizan las excretas en la alimentación de rumiantes (36). Por otro lado, si consideramos que se producen aproximadamente 50,000 toneladas diarias de excretas que pueden utilizarse en la alimentación animal, es necesario que se procesen por un método que disminuya el problema de contaminación. El ensilaje de la fracción sólida de excretas

porcinas, es útil en la alimentación de los ovinos ya que, influye positivamente tanto en la producción de carne.

Al ensilar las excretas de cerdo se mejora positivamente su olor, palatabilidad, disminuye la concentración de bacterias y parásitos de esta forma se reduce la posible transmisión de enfermedades (21). La composición química de la cerdaza, especialmente el contenido de nitrógeno, sugiere la posibilidad de utilizarlo en la alimentación de ovejas. Existen algunas evaluaciones de las características nutricionales de diferentes mezclas de excretas porcinas, ensiladas solas o con otros subproductos tales como paja de trigo, avena o cebada y melaza, las cuales se han evaluado en el crecimiento y engorda de corderos, sin embargo, no se ha efectuado ningún estudio acerca de distintos niveles de inclusión de ensilados de cerdaza en la alimentación de ovejas en crecimiento, por este motivo se plantea realizar la siguiente investigación.

1.19 Hipótesis

Los distintos niveles de inclusión de ensilado de excretas porcinas en la ración de ovejas en crecimiento, modificarán la ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia; así como algunos parámetros del metabolismo ruminal y la población de protozoarios.

1.20 Objetivos

Determinar en dietas con distintos niveles de inclusión de ensilado de sólidos de excretas porcinas:

- a).- Su composición química proximal.
- b).- Conteo de paredes celulares.
- c).- Composición de los principales macrominerales.

Determinar en ovejas que recibieron dietas con ensilado de excretas porcinas:

- a).- Cambios en el peso vivo.
- b).- Consumo de alimento (en base seca).
- c).- Conversión alimenticia.
- d).- El pH del líquido ruminal.
- e).- Contenido de nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal.
- f).- Población de protozoarios en el líquido ruminal.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Elaboración de ensilados

La fracción sólida de excretas de cerdos que se empleó fue de todas las etapas de producción (ciclo completo), provenientes del Centro de Enseñanza e Investigación en Producción Porcina (CEIEPP), localizado en Jilotepec Estado de México, propiedad de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), y que pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la cual cuenta con un sistema LISCO (para la separación de sólidos).

El ensilado se elaboró con la fracción sólida de excretas porcinas 82%, grano de sorgo molido 10% y melaza 8% (en Base Húmeda), mezclando los ingredientes manualmente con palas sobre una superficie de cemento hasta que se distribuyeron homogéneamente, una vez realizada la mezcla los materiales se colocaron en capas de 30 cm y se apisonaron en silos tipo bunker contruidos con piedra y mampostería (de 2 m de ancho por 4 m de largo y 1.5 m de alto), otra parte de los materiales se ensiló en tambos de 200 litros perfectamente compactados, se cubrieron con una capa de plástico negro, evitando la entrada de aire.

La investigación constó de dos fases:

Fase I).- Laboratorio; Se realizó en el Departamento de Nutrición Animal Y Bioquímica de la FMVZ. UNAM.

Se analizó la composición nutricional del ensilado de la fracción sólida de excretas porcinas (EEP), después de 21 días de ensilaje se abrió el primer silo y se colectaron muestras de los ensilados, las características de olor y color fueron características de una fermentación acético-láctica. Se colectaron muestras de cinco lugares diferentes que fueron mezcladas para hacer una muestra contractual, y realizar un análisis químico proximal (AQP) y el análisis de Van Soest (paredes celulares) en el laboratorio del Departamento de Nutrición Animal de la FMVZ de la UNAM de acuerdo a los métodos de la Association Official Analytical Chemist (AOAC) (132) y la modificación de Waldern a las técnicas de la determinación de paredes celulares por el método de VanSoest y Wine Cuadro 7.

La composición nutricional (análisis proximal, análisis de paredes celulares y la concentración de Ca y P) del rastrojo de maíz, melaza y los ingredientes que formaron el concentrado: sorgo grano molido y pasta de soya, fosfato dicálcico, carbonato de calcio y sal, se obtuvo de análisis previos realizados a esas materias primas que se utilizan en los centros de producción de la FMVZ. El contenido de la premezcla mineral utilizada durante el experimento se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 7. Análisis químico proximal y de Van Soest del ensilado de excretas porcinas en Base Seca.

NUTRIENTES	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
Materia Seca %	41.20	+3.00
Humedad	58.80	+3.00
% P. C (Nitrógeno X 6.25)	12.68	+1.76
Extracto Etéreo %	7.96	+3.93
Cenizas %	8.48	+1.94
Fibra Cruda %	12.76	+2.86
Extracto libre de Nitrógeno	58.12	+2.00
T. N. D. %	84.34	+7.12
E. D Kcal/Kg (aprox.)	3717.92	+314.80
E. M.Kcal/Kg (aprox.)	3039.94	+257.39
Ca %	1.17	+0.15
P %	0.36	+0.15
Cu ppm	20.63	+12.93
% Paredes celulares	55.27	+5.12
% Contenido Celular	44.73	+5.12
% Fibra Acida Detergente	34.73	+3.71
% Lignina	11.17	+0.30
% Celulosa	23.39	+3.74
% Hemicelulosa	20.54	+5.30

T. N. D. Total de Nutrientes Digestibles

E. D Energía Digestible

E. M Energía Metabolizable

Con los resultados obtenidos, se integraron las raciones, para satisfacer las necesidades de ovejas en crecimiento de acuerdo al peso y etapa de producción basadas en las recomendaciones del NRC (133), con una ganancia diaria de peso esperada de 200 gramos diarios, formulando las dietas isoproteicas e isoenergéticas correspondientes a los tratamientos cuya composición se muestra en los Cuadros 9 y 10

Cuadro 8. Composición de la premezcla mineral utilizada durante el experimento 1.

	% inclusión	Fuente
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	

1 Biomín compuesto para ovinos *composición proporcionada por el fabricante

Cuadro 9. Ración de ovejas chicas con ensilado de excretas porcinas (EEP)

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
	% en Base Húmeda		
Ensilado	—	38.00	62.05
Sorgo grano	48.95	32.66	20.07
Rastrojo de maíz	21.55	14.97	9.74
Pasta de soya	21.57	12.98	7.15
Carbonato de calcio	1.80	1.30	0.86
Fosfato dicálcico	0.04	0.08	0.13
Urea	0.10	—	—
Melaza	5.99	—	—

T1 = 0% EEP, T2 = 20% EEP y T3 = 40% EEP (base seca)

Cuadro 10. Ración de ovejas medianas y grandes con ensilado de excretas porcinas (EEP)

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
	% en Base Húmeda		
Ensilado	—	38.03	62.08
Sorgo grano	49.26	32.85	20.21
Rastrojo de maíz	28.06	20.13	13.96
Pasta de soya	15.28	8.06	3.13
Carbonato de calcio	1.31	0.94	0.57
Fosfato dicálcico	—	—	0.05
Urea	0.09	—	—
Melaza	5.99	—	—

T1 = 0% EEP, T2 = 20% EEP y T3 = 40% EEP (base seca)

El aporte nutricional esperado de acuerdo a la composición de los ingredientes analizados y la composición estimada de los granos y las fuentes de calcio y fósforo, de acuerdo a la información anterior, se muestra en el Cuadro 11.

La confirmación del aporte nutricional de las dietas después de realizar su análisis en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal de la FMVZ. UNAM, según las técnicas citadas anteriormente, se muestra en los Cuadros 12 y 13.

Fase II).- Prueba de comportamiento de corderas en crecimiento: El estudio con los animales se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en producción Agrosivopastoril (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 Chapa de Mota, Estado de México. Ubicado geográficamente a los 19° 48' 52" de latitud norte y a los 99° 31' 50" al oeste del meridiano de Greenwich. La temperatura media anual oscila entre los 14 y los 16°C. La precipitación media anual está entre los 1000 y los 1200 mm. La frecuencia de heladas es de 60 a 80 días. El clima de Chapa de Mota es semifrío y húmedo con lluvias en verano (134). Esta fase experimental tuvo una duración de 56 días (dividida en 4 periodos de 14 días).

Cuadro 11. Aporte nutricional de las raciones con ensilado de excretas porcinas en base seca para corderas.

NUTRIENTE	APORTE	
	chicas	Medianas y grandes
Proteína Cruda %	15	12.5
Energía Metabolizable Mcal/kg	2.7	2.65
Calcio %	0.84	0.64
Fosfóro %	0.33	0.28

2.2 Instalaciones

Se utilizaron dos naves del CEIEPASP, cada una con un techo de dos aguas con paredes de concreto, en el cual existen 20 corrales. Cada corral mide 3.92 m X 1.55 m, este consta con un comedero y bebedero tipo canoa de concreto; existe una toma de agua por cada dos corrales, cada corral tiene su puerta. Para llevar a cabo la prueba de alimentación se

alojaron dos ovejas por corral y se utilizaron en total 24 corrales que fueron asignados al azar a los tratamientos.

Cuadro 12. Análisis químico y de Van Soest de dietas ofrecidas a ovejas Grandes y Medianas en crecimiento (en Base Seca).

NUTRIENTES	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
Materia Seca %	71.97	+12.94
Humedad	28.03	+12.94
% P. C (Nitrógeno X 6.25)	13.82	+1.92
Extracto Etéreo %	6.42	+5.77
Cenizas %	6.79	+1.25
Fibra Cruda %	10.60	+3.68
Extracto libre de Nitrógeno	62.38	+7.63
T. N. D. %	83.52	+5.50
E. D Kcal/Kg (aprox.)	3682.48	+242.30
E. M.Kcal/Kg (aprox.)	3017.81	+196.57
Ca%	1.03	+0.17
P%	0.19	+0.5
Cu ppm	12.75	+7.40
% Paredes celulares	50.47	+1.36
% Contenido Celular	49.53	+1.36
% Fibra Detergente Acida	20.97	+7.77
% Lignina	7.06	+2.02
% Celulosa	13.46	+5.48
% Hemicelulosa	29.49	+7.77

T. N. D. Total de Nutrientes Digestibles

E. D Energía Digestible

E. M Energía Metabolizable

2.3 Características de los animales en estudio y diseño experimental

Se utilizaron 48 ovejas cruzas de (Rambouillet x Suffolk x Pelibuey) entre 7 y 30 Kg de peso vivo (P.V), separadas de acuerdo a su peso en ovejas ligeras, medianas y pesadas (con un promedio de 8.23(+2.04), 17.54(+4.86), 27(+2.92) kg respectivamente). Después del pesaje inicial durante el periodo de adaptación las ovejas fueron distribuidas en un diseño de bloques completamente al azar (bloqueando por peso) a chicas y medianas-grandes a los siguientes tratamientos: T1 (Ración testigo), T2 (20% de EEP) y T3 (40% de EEP) (Cuadros 9 y 10). Se utilizaron 8 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue el corral con dos ovejas de similar peso en cada uno.

Antes del inicio del periodo experimental se desparasitaron los animales contra endoparasitos, se vitaminaron e iniciaron un periodo de adaptación de 7 días, durante los cuales consumieron la ración asignada de acuerdo al tratamiento, sales minerales y agua

limpia y fresca *ad libitum* en cubetas de plástico.

Cuadro 13. Análisis químico y de Van Soest de dietas ofrecidas a ovejas chicas en crecimiento (en Base Seca).

NUTRIENTES	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
Materia Seca %	72.69	±12.01
Humedad	27.31	±12.01
% P. C (Nitrógeno X 6.25)	15.30	±2.42
Extracto Etéreo %	8.58	±3.52
Cenizas %	8.06	±1.66
Fibra Cruda %	10.89	±2.40
Extracto libre de Nitrógeno	59.05	±3.60
T. N. D. %	87.44	±6.37
E. D Kcal/Kg (aprox.)	3855.20	±280.85
E. M.Kcal/Kg (aprox.)	3154.93	±226.89
Ca%	0.91	±0.18
P%	0.27	±0.07
Cu ppm	12.88	±7.44
% Paredes celulares	51.97	±3.72
% Contenido Celular	48.03	±3.72
% Fibra Acida Detergente	24.91	±6.15
% Lignina	8.31	±1.28
% Celulosa	16.36	±5.87
% Hemicelulosa	27.06	±6.01

T. N. D. Total de Nutrientes Digestibles

E. D Energía Digestible

E. M Energía Metabolizable

2.4 Variables.

Como variables de respuesta a los tratamientos se utilizaron el consumo de alimento, la ganancia de peso, la conversión alimenticia y algunas características del metabolismo ruminal como pH, nitrógeno amoniacal y población de protozoarios.

El consumo de alimento se evaluó por tres días consecutivos pesando el alimento ofrecido y el rechazo al día siguiente al final del periodo catorcenal (los días 11°, 12°, y 13°), expresándolo en materia seca (MS). Para evaluar el consumo de alimento, el ensilado de excretas porcinas, rastrojo y concentrado, se pesaron diariamente, fueron mezclados a pala y se proporcionaron a libre acceso, suministrando el alimento dos veces durante el día (8 y 14 horas), después de la limpieza de los corrales; se cuidó que existiera 10 - 15% de rechazo en referencia al alimento ofrecido el día anterior, el alimento rechazado de cada corral fue colectado y pesado diariamente. Se obtuvo una muestra de aproximadamente 200 g, de cada una de las dietas por tratamiento. Se sometieron a deshidratación en estufa a

90 - 100°C por 48 horas o hasta peso constante, calculando así el consumo de materia seca por día por unidad experimental.

La ganancia de peso se evaluó cada catorce días, utilizando una báscula electrónica*, después de un pesaje inicial realizado al finalizar el periodo de adaptación al cambio de alimento de siete días, registrando la ganancia de peso de la unidad experimental (corral) y de cada animal, después de un ayuno de alimento de aproximadamente 12 horas ya que los días de pesaje no se les sirvió alimento a los animales sino hasta después de haberlos pesado.

La conversión alimenticia se calculó con el cociente de los Kg de materia seca consumidos divididos entre los Kg de peso, obtenidos en cada periodo.

2.5 Análisis químicos proximales

El contenido de humedad de las muestras fue determinado mediante secado de las muestras a 90 - 100°C por 48 horas o hasta peso constante. La fibra cruda (FC), nitrógeno Kjeldahl, extracto etéreo (EE) y cenizas (C), fueron determinados mediante los procedimientos del AOAC (132), 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 (135) para determinar el contenido de fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), así como las fracciones de fibra. Utilizando las modificaciones de Waldern Van Soest *et al* (136), con un micrométodo, para lo cual se pesaron 0.25 g de muestra por duplicado y se colocaron en tubos de ensaye de 50 ml; se les agregó 25 ml de solución para fibra detergente neutro, o en su caso, una solución para fibra detergente ácido. Se sometieron a reflujo sobre una platina que previamente se dejó que alcanzara una temperatura de 90 - 95°C sobre la cual se colocó un recipiente con aceite para motor, posteriormente los tubos colocados sobre gradillas se introdujeron en el recipiente y después de 5 - 10 min que comenzaron a ebulir, se tomó el tiempo y se dejó la muestra en reflujo por 1 hora, manteniendo los tubos tapados con bolas de cristal. Posteriormente se filtraron en papel filtro Whatman No 4, y se lavaron con agua caliente y finalmente con acetona; posteriormente se deshidrataron en una estufa de aire

* La hispano mexicana S. A. de C. V. con capacidad de 150 X 0.05 Kg.

forzado a 50°C y por diferencia de peso se obtuvo el porcentaje de fibra detergente ácido (%FDA) y fibra detergente neutro (%FDN).

Al inicio del periodo experimental (después del periodo de adaptación a las dietas) y al finalizar el experimento, se obtuvo líquido del rumen de las ovejas, a través de una sonda esofágica y en el líquido se realizó la determinación de pH, nitrógeno amoniacal y conteo de protozoarios utilizando la siguiente metodología:

2.6 Obtención de líquido ruminal

Se colectaron muestras de líquido ruminal de acuerdo a la metodología utilizada por McCullough (137). Al obtener el líquido ruminal se filtró con un cedazo de manta de cielo para eliminar el excedente de partículas, reuniendo 50 ml del líquido; se acidificó la muestra con ácido clorhídrico (1 ml al 50% v/v) para evitar pérdidas de nitrógeno y se congeló a una temperatura de -4°C, para analizarse posteriormente.

2.7 Determinación de pH

En otros 50 ml de líquido ruminal de las mismas muestras inmediatamente se realizó la lectura de pH con un potenciómetro portátil (Orion Research model SA210); se lavó el electrodo con agua destilada entre cada medición y se limpió con papel absorbente (138).

2.8 Determinación de nitrógeno amoniacal

Se determinó de acuerdo a la técnica de McCullough (137); se tomó 1 ml de ácido metafosfórico (25%) y se mezcló con 4 ml del líquido ruminal previamente acidificado, para precipitar la proteína. Esta preparación se dejó reposar por cuatro horas en refrigeración y posteriormente se centrifugó (3500 rpm x 25 min). Se colectó el sobrenadante y se transfirió a viales de 2.5 ml y se almacenaron en refrigeración (4°C). Enseguida se tomaron 20 µl de esta muestra y se agregaron a tubos de 10 ml a los que previamente se les adicionó 1 ml de fenol y 1 ml de hipoclorito de sodio basificado con NaOH (5 g de NaOH y 10 ml de hipoclorito de sodio). Se incubaron a 37°C durante 30 min. y finalmente se les adicionó 5 ml de agua destilada, se agitaron con un vortex para realizar la lectura. La absorbancia se registró con un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible a 630 nm. Se utilizó un blanco de referencia, el cual contenía 1 ml de fenol, 1 ml de

hipoclorito de sodio y 5 ml de agua destilada. Se preparó una curva estándar desecando NH_4Cl a 105°C por una hora y se preparó una solución con 3.82 g/1000 ml, de la cual se tomaron alícuotas de 2.5, 5, 10, 30, 45 y 60 μl y se llevaron a un volumen de 100 ml estos equivalen a la concentración de N-NH_3 expresados en mg/dl.

2.9 Conteo de protozoarios en el líquido ruminal

Conjuntamente se colectaron 5 ml de fluido ruminal, al cual se adicionaron 5 ml de una solución de yodo con la finalidad de fijar a los protozoarios y realizar posteriormente el conteo de los mismos. La solución de yodo se preparó mezclando 1.5 g de yoduro de potasio y 0.5 g de yodo resublimado, más 1 ml de agua destilada para disolver los gránulos de yodo. Esta solución fue aforada a 100 ml con agua destilada (139).

Se mantuvieron en refrigeración y posteriormente se realizó el conteo utilizando un microscopio OLYMPUS 206796 y un hemocitómetro marca TIEFE DEPTH 0.100 mm, NEUBAUER, el cual presenta las siguientes especificaciones: consta de una plataforma pulida donde se encuentran dos zonas cuadrículadas cada una de ellas con nueve cuadrados principales, con una superficie de 1 mm^2 . Además los cuadrados que forman las esquinas se subdividen en 16 cuadrados secundarios, y el cuadrado principal del centro tiene 25 cuadros secundarios, que a su vez se subdivide en 16 cuadros terciarios, sumando 400 cuadrados. Se realizaron 10 observaciones por muestra de acuerdo a la técnica modificada de Benjamin (140), registrando el número total, y por géneros (holotrichos y entodimorfidos). Se utilizó el promedio de diez observaciones por muestra y se calculó el número de protozoarios multiplicando por el factor de dilución (1:2) y por 10(4) para obtener la concentración de protozoarios por ml (138).

2.12 Análisis estadístico

Las ovejas fueron distribuidas en un diseño de bloques completamente al azar (bloqueando por peso) a los siguientes tratamientos: T1 (Ración testigo), T2 (20% de EEP) y T3 (40% de EEP). Se utilizaron 8 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue el corral con dos ovejas de similar peso en cada uno.

Los resultados se sometieron al análisis de varianza. Se utilizó el paquete SAS (141, 142).

De acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

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

μ = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Error aleatorio

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

$i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2$

3. RESULTADOS

Consumo de materia seca (CMS)

El CMS en kilogramos por corral/día se presenta en el Cuadro 14. No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en los tratamientos.

Ganancia de peso (GDP)

La GDP en kilogramos por corral/día se muestra en el Cuadro 15. No existió diferencia significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos.

Conversión alimenticia (CA)

La CA en kilogramos por corral/día se muestra en el Cuadro 16. No se encontró diferencia significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos.

pH en el líquido ruminal

En el primer muestreo existió diferencia ($P=0.18$) entre el grupo testigo con relación al tratamiento con 20 % de EEP y no existió diferencia entre el 40% de EEP y los otros tratamientos. En el segundo muestreo no existió diferencia ($P<0.05$) entre tratamientos. Considerando el pH promedio de ambos muestreos existió diferencia ($P<0.05$) entre el grupo testigo con relación al tratamiento con 20 % de EEP, y no existió diferencia ($P>0.05$) entre el 40% de EEP y los otros tratamientos (Cuadro 17).

Nitrógeno amoniacal N-NH₃ en el líquido ruminal (mg/dl)

En el primer muestreo el grupo testigo mostró una diferencia ($P= 0.11$) con relación a los tratamientos con 20 y 40 % de EEP. En el segundo muestreo se apreció diferencia significativa ($P=0.19$) entre el grupo testigo y el grupo con 40% de EEP. El grupo con 20% de EEP fue similar a los otros dos tratamientos. Considerando ambos muestreos existió diferencia ($P<0.02$) entre el grupo testigo y los otros dos tratamientos Cuadro 17.

Concentración de protozoarios (entodimórfidos $\times 10^4$) / ml de contenido ruminal.

En el primer muestreo existió diferencia significativa ($P < 0.0001$) entre los 3 tratamientos. Para el segundo muestreo no existió diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos. Uniendo el número de entodinomórfidos correspondiente a ambos muestreos existió diferencia significativa ($P < 0.0006$) entre el grupo con 40% de EEP y los otros tratamientos (Cuadro 17).

Población de protozoarios (holotrichos $\times 10^4$) / ml de contenido ruminal.

La adición de EEP en el primer muestreo no mostró ninguna diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los 3 tratamientos; se observó aumento en el número de holotrichos a medida que el nivel de inclusión de EEP se incrementó en la dieta.

En el segundo muestreo se observó una diferencia altamente significativa ($P < 0.0095$) entre el grupo con 40% de EEP y los otros tratamientos.

Uniendo el número de holotrichos correspondiente a ambos muestreos, se mantuvo la misma diferencia ($P < 0.009$) observándose el incremento de holotrichos a medida que el nivel de inclusión de ensilado, aumentó en la dieta.

Concentración de protozoarios (totales $\times 10^4$) / ml de contenido ruminal.

En el primer muestreo el incremento en el nivel de inclusión de EEP disminuyó ($P < 0.0001$) la cantidad de protozoarios totales.

En el segundo muestreo no hubo diferencia significativa ($P > 0.005$) entre tratamientos, sin embargo hubo una tendencia similar al primer período, ya que al aumentar el nivel de inclusión de EEP disminuyó la concentración de protozoarios totales.

Al promediar el número de protozoarios totales de ambos muestreos, la concentración fue menor ($P = 0.007$) en el grupo de animales con 40% de EEP comparada con los otros dos tratamientos.

4. DISCUSIÓN

Consumo de Materia Seca (CMS)

El consumo de MS de parte de las ovejas que se alimentaron con EEP no fue diferente ($P>0.05$) del consumo de las ovejas que recibieron la dieta sin EEP (testigo), sin embargo, presentó algunas variaciones numéricas a las cuales se les ha dado la siguiente explicación.

En forma general el CMS tendió a aumentar desde el primero hasta el cuarto período como consecuencia del incremento en la edad y el peso del animal (Cuadro 14), no obstante, las cantidades promedio de MS consumidas fueron superiores a las recomendadas por el National Research Council (NRC, Nutrient requirements of sheep) (133), el cual indica un consumo de materia seca entre 1200 y 1400g, en animales de 20 a 30 kg de peso vivo.

Entre tratamientos el comportamiento de consumo de MS por las ovejas en crecimiento fue diferente desde el inicio, en promedio las corderas alimentadas con la dieta conteniendo 20% de inclusión de EEP consumieron 1710 g de MS por corral. Los grupos que recibieron las dietas con 40% de inclusión de EEP consumieron 1830 g de MS por corral. Los grupos testigo tuvieron un consumo de 2170 g de MS por corral; por lo cual en relación con estos últimos, se observó cierta tendencia de disminución de la preferencia y consumo de MS de los animales que recibieron EEP en sus dietas.

Estos resultados difirieron de los de Martínez 1999 (61), esta investigadora al dar de comer ensilado de planta de maíz más excreta de cerdo 20% *ad libitum*, a corderas en crecimiento en las mismas instalaciones y condiciones similares a los que prevalecieron en la presente investigación, encontró que las corderas de aproximadamente 10 kg de peso vivo, consumieron 748 g de MS en la dieta que contenía ensilado con 20% de fracción sólida de excretas porcinas con 5% de melaza y 75% de planta de maíz, este consumo fue ligeramente mayor al observado en los animales del grupo testigo.

Por otro lado Verdin *et al* 1999 (143), alimentaron corderos de 18 kg de peso vivo promedio, con ensilado de estiércol de cerdo (90 %), grano de sorgo molido (5%) y melaza de caña (5%). La inclusión de ensilado en las dietas fue de 15, 30 y 45%. El consumo de MS fue en promedio 1.02 kg/día, similar entre el testigo y 45% de inclusión de cerdaza

ensilada ($P>0.05$), sin embargo, con 15 y 30 % de inclusión de cerdaza, los consumos fueron más altos ($P<0.05$). Este comportamiento fue diferente al de la presente investigación, sin embargo, los animales de su grupo testigo fueron los que consumieron menor cantidad de MS, por lo que se requiere mayor investigación realizando experimentos en los que se balanceen adecuadamente las dietas.

Otros investigadores atribuyen que la adición de cerdaza al ensilado lo que produce un mayor consumo de materia seca; sin embargo, deben considerarse los otros ingredientes que componen la ración. Ceballos 1983 (74) concluyó, que agregar melaza en un 15% al ensilado de cerdaza (0, 20, 30%) y planta de maíz en una proporción complementaria a 100, cuando estos ensilados los proporcionó a corderos que tenían un peso promedio de 21kg, aumentó el consumo que fue mayor en los grupos experimentales. Sin embargo, ese investigador (74) si bien concluye que agregar melaza al ensilado incrementa el consumo, no puede atribuir tal efecto a la melaza ya que no realizó ninguna comparación con otra dieta a la cual no se le agregó ésta.

En los resultados del presente experimento los animales de los grupos testigo tendieron a consumir más, seguidos por los animales que incluyeron EEP en sus dietas (tratamiento 2 y 3), no obstante, las diferencias en el consumo de MS no produjeron disminución de los otros parámetros productivos (ganancia de peso y conversión alimenticia).

Ganancia diaria de peso (GDP)

En la GDP por corral no se presentó diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos. En el primer periodo la GDP por corral tendió a ser mayor en los animales que recibieron 40% de EEP en su dieta (465 g), con relación a los otros tratamientos: 0% de EEP (387 g) y 20% de EEP (395 g). Sin embargo a partir del segundo periodo hasta el cuarto periodo y aún en el total, la GDP tendió a ser mayor en el grupo testigo, seguida por los animales que incluyeron 20 y 40% de EEP en sus dietas.

Al respecto Martínez 1999 (61) con una dieta que consistía en 60% de un ensilado elaborado con excretas 30%; maíz picado 65% y melaza 5%; y 40% de concentrado, señaló que en la GDP durante los tres primeros periodos, no observó diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos, sin embargo, en el cuarto periodo se presentó mayor ($P<0.05$)

GDP en los animales que consumieron ensilado de cerdaza (240g/animal/día), en comparación con los animales del grupo testigo (210g/animal/día).

En otra investigación con ovinos, cuando alimentaron borregos con ensilado de maíz sólo o ensilado de maíz más cerdaza (20 y 30%), adicionando 15% de melaza en las tres dietas, se 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 tratamientos (73).

Meza *et al.* (144) indicaron en corderos que fueron alimentados con tres porcentajes de ensilado de excreta en base seca (0, 20 y 40%), ganancias de 191.3, 182.6 y 204.5 g/animal/día, respectivamente ($P>0.05$), similares a los incrementos de peso de las ovejas, registrados en la presente investigación. 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.* (65) quienes encontraron 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 (74) indicó mayor digestibilidad en corderos que consumieron ensilados que contenían 20% de excretas en base húmeda. En la presente investigación no se realizó el estudio de la digestibilidad de las dietas, por lo que se recomienda que este se realice posteriormente en todas las investigaciones.

Verdín *et al* 1999 (143) alimentaron con ensilado que contenía estiércol de cerdo (90 %), grano de sorgo molido (5%) y melaza de caña (5%), a corderos con un peso vivo promedio de 18 kg; la inclusión de ensilado en las dietas fue de 15, 30 y 45%, obtuvieron que la ganancia diaria de peso fue mayor ($P<0.05$) en las dietas con un nivel de inclusión de 15% y disminuyó a 0.113 kg/día ($P<0.05$) en las dietas que incluyeron 45% de ensilado de estiércol de cerdo. Estas GDP fueron inferiores a las obtenidas en el presente estudio, a pesar de que el peso inicial de las corderas fue superior. A medida que los ovinos aumentan

en edad y peso la ganancia por día disminuye a pesar de que las dietas les proporcionen los nutrientes necesarios con ingredientes de excelente calidad.

En la presente investigación, con las tres dietas se obtuvieron GDP cercanas los 200 g/animal/día, lo que señaló la importancia de balancear las raciones de acuerdo a las necesidades de las ovejas en cada etapa fisiológica.

Conversión alimenticia

El análisis de la conversión alimenticia no presentó diferencias ($P>0.05$) entre los tres tratamientos. Las ovejas que recibieron la ración con 20 % de EEP mostraron una tendencia de mejor conversión alimenticia en el período total (4.056 kg), seguidas por el grupo que recibió la ración con 40% de EEP (4.650 kg). En cambio las ovejas del grupo testigo necesitaron mayor cantidad de alimento por kg de peso producido (4.990 kg). De esta forma, la ventaja económica de la utilización del EEP en las raciones de las ovejas en crecimiento, fue evidente. Este resultado fue similar al que obtuvo Martínez 1999 (61) en raciones con base en ensilado elaborado con planta de maíz (60%), fracción sólida de excretas de cerdo (35%) y melaza (5%), en un estudio previo realizado en las mismas instalaciones y condiciones similares a las de la presente investigación. En aquel experimento la conversión alimenticia fue de 3.3 kg de alimento por kg de ganancia de peso, tanto para el tratamiento que incluyó ensilado de maíz sólo como parte (60%) de la dieta, como para el tratamiento que incluyó 60 % de ensilado elaborado con planta de maíz y cerdaza. Esta conversión alimenticia de 3.3 fue mejor que el 4.056 que se presentó en esta investigación en el tratamiento con 20 % de EEP en la dieta. La explicación fue debida a la menor edad de las corderas utilizadas en aquel experimento. Cuando las dietas son balanceadas adecuadamente, los animales jóvenes son los que manifiestan una conversión de alimento depositado en tejido, más eficiente.

Campbell C. 1995 (145) indicó que corderas alimentadas con granos en el período de crecimiento, de 15 a 40 kg de peso vivo, consumieron 800 g MS y ganaron 200 gd, con una conversión alimenticia de 4 kg de alimento por kg de ganancia de peso. Por el contrario Meza, *et al.* (1997) (144) al alimentar ovinos en crecimiento con tres porcentajes de excretas ensiladas (0, 20, 40% base seca), obtuvieron conversiones de 5.52, 5.51 y 4.56,

respectivamente. Por lo tanto los resultados registrados en este experimento mostraron mejores conversiones que Meza *et al* (144), similares a las obtenidas en dietas basadas en granos y pastas de oleaginosas.

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. Owens *et al* (146) 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 exactitud.

Características de la fermentación y protozoarios ruminales.

En el experimento las corderas tenían una edad promedio de 128 ± 10.81 días, indicando que todos los animales ya tenían desarrollada la actividad de fermentación retículo - rumen. Lo anterior es relevante si se considera 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) (147). La actividad de los microorganismos del rumen 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 moléculas que producen las características de pH, tensión superficial y presión osmótica dentro del rumen (33). Algunas de estas 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 animal (33).

pH (Potencial de Hidrogeniones)

La adición de EEP en el primer muestreo tendió a incrementar ($P=0.18$) el pH en el fluido ruminal. En este muestreo el grupo que contenía 20% de inclusión de EEP presentó un pH de 6.85, seguido por el grupo que recibió 40% de EEP en la dieta (6.66) y por el grupo testigo (6.37); este último presentó el pH ligeramente más ácido dentro de los tres tratamientos. En el segundo muestreo se mantuvo este comportamiento (6.55, 6.52 y 6.27, T2, T3 y T1 respectivamente) y las diferencias en este período no fueron significativas ($P>0.05$). No obstante, cuando se consideraron todos los valores el efecto fue significativo ($P<0.05$) siguiendo el comportamiento que se manifestó en el primer período, sin embargo, debido a que al aumentar el tiempo que los animales consumieron EEP las diferencias entre los tratamientos tendieron a reducirse.

Al respecto, Goering y Smith 1977 (148) observaron que el pH ruminal fue el mismo tanto en los animales que consumieron una dieta testigo con base en pasta de soya, como en los que recibieron ensilado de estiércol como parte de la dieta. Esto fue corroborado por Martínez (1990) (149), quien obtuvo pH por arriba de 6.20. Por su parte, Cobos 1987 (67) encontró que al adicionar 65.4% de ensilado en la dieta, el pH disminuyó hasta 6.02.

Cuando el pH es inferior a 6.2 disminuye la actividad de las bacterias celulolíticas provocando una baja digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y nitrógeno. En el presente estudio ninguno de los tratamientos alcanzó este valor, por tal motivo no se notó la disminución de la digestibilidad u otros indicadores del metabolismo ruminal, ya que como se indicó anteriormente, no disminuyeron los parámetros productivos de las ovejas.

Nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) en fluido ruminal

La adición de EEP en el primer muestreo tendió a disminuir la concentración de $N-NH_3$ en el líquido ruminal ($P=0.11$), en el segundo muestreo continuó la tendencia y cuando se consideraron los valores tanto del primero como del segundo muestreo la disminución fue significativa ($P<0.05$), ya que ambos tratamientos con EEP presentaron menor cantidad de $N-NH_3$ en el líquido ruminal, en comparación con el grupo testigo. La cantidad con 40% de EEP fue menor comparada con el 20% de EEP, y no hubo diferencia entre estas dos concentraciones de EEP, así que la diferencia fue principalmente con el grupo testigo. Este

resultado fue opuesto al encontrado por Cobos 1987 (67), quien observó que la concentración de amoniaco en el rumen presentó un incremento lineal a medida que la inclusión de ensilado en la ración aumentó, siendo el tratamiento con una inclusión de 65.4% el que mostró mayor concentración de nitrógeno amoniacal a nivel ruminal (12.72 mg/dl) y una menor cantidad en el grupo testigo (6.78 mg/dl).

Martínez 1990 (149) obtuvo resultados diferentes a los obtenidos ya que, al utilizar distintos niveles de ensilado de estiércol, rastrojo de maíz y melaza, en dietas para bovinos, no encontró diferencia entre tratamientos ($P>0.05$) en la concentración de nitrógeno amoniacal en el rumen

La concentración promedio de nitrógeno amoniacal encontrada en el rumen de los animales del presente estudio, tanto en el grupo testigo (25.64 mg/dl) como en los animales que recibieron 20% (13.79 mg/dl) y 40% (12.66 mg/dl) de EEP (Cuadro 17), fue superior al valor que Satter and Slyter 1974 (129) y Rogers *et al* (150), señalaron como adecuado (9.0 mg/dl) para ser utilizado eficientemente por la microflora ruminal en el desarrollo microbiano y síntesis proteica. Sin embargo, Mehrez *et al* (130), mencionaron que una concentración de nitrógeno amoniacal a nivel ruminal de 23.5mg/dl, fue el requerimiento para un desarrollo de máxima tasa de fermentación ruminal. Los valores del presente estudio estuvieron dentro del intervalo indicado por aquellos investigadores, sin embargo, la variación encontrada fue alta por lo que se recomienda continuar estudiando los cambios en el metabolismo ruminal del nitrógeno, cuando se utiliza EEP en las dietas de las ovejas.

La concentración de nitrógeno amoniacal a nivel ruminal depende del suministro de compuestos nitrogenados degradables en el rumen para el desarrollo microbiano y en consecuencia para la síntesis proteica (139).

Protozoarios ruminales.

Holotrichos

La adición de EEP no produjo cambios significativos en la población de holotrichos en el contenido ruminal en el primer muestreo ($P>0.05$), se observó una tendencia hacia el aumento de holotrichos a medida que la inclusión de ensilado en las dietas aumentaba,

registrándose mayor cantidad de ellos en el tratamiento 3 que contenía 40% de inclusión de EEP.

En el segundo muestreo la adición de EEP en las dietas mostró un incremento significativo ($P < 0.0095$) en la población de holotrichos ($T_1=3500$, $T_2=5300$, $T_3=26000$ holotrichos/ml de líquido ruminal); a medida que el nivel de inclusión de EEP aumentó en las dietas, el promedio de holotrichos fue mayor ($P < 0.05$) en el tratamiento con 40% de EEP (16200 holotrichos/ml de líquido ruminal), comparado con la población presente en el testigo (3100 holotrichos/ml de líquido ruminal) y el tratamiento con 20% de EEP (2600 holotrichos/ml de líquido ruminal) (Cuadro 17).

Dehority *et al* 1970 (92), encontraron concentraciones de protozoarios holotrichos entre 0 y 1.6×10^3 /ml de fluido ruminal antes de inocularles 123.2×10^3 ml de fluido ruminal, quedando un promedio de 10.5×10^3 /ml, en dietas conteniendo pellet de maíz, harina de alfalfa deshidratada, avena rolada, melaza, urea y una premezcla mineral con vitaminas. Después de cuatro días se encontraron cantidades de 0, 34000 y 8000 holotrichos/ml de fluido ruminal. En un animal en el que hicieron el muestreo al tercer día posterior a la inoculación se encontraron cantidades de 16800 holotrichos/ml de fluido ruminal. Niveles que concuerdan con los obtenidos en el presente estudio.

Por otro lado Faichney *et al* 1997 (151), encontraron concentraciones de 32000 y 12000 holotrichos/ml fluido ruminal en dietas conteniendo solo pasto seco (Orchard). Con dietas a base de pasto seco más concentrado encontraron concentraciones de 36000 y 34000 holotrichos /ml de fluido ruminal.

Variaciones en la población de protozoarios holotrichos se producen por cambios en la dilución del contenido ruminal, provocada al ingerir agua y la cantidad de saliva producida, así como por la migración de los ciliados (88). El incremento inicial después de la alimentación ha sido atribuido a la migración de los holotrichos hacia la pared reticular cuando los carbohidratos están disponibles (152).

Entodimórfidos

La inclusión de EEP disminuyó ($P < 0.05$) la concentración de entodimórfidos en el contenido ruminal. Por otra parte con un mayor consumo de concentrado hacia el final del experimento, las ovejas tuvieron aumentada la población de estos protozoarios.

En el primer muestreo la población de estos en el tratamiento 3 que contenía 40% de EEP fue menor (127.62×10^4), seguida por el tratamiento 2 con 20% de EEP (100.50×10^4) y la mayor población que se presentó en el testigo (65.62×10^4). Estos dos últimos grupos fueron similares y la diferencia de ambos se presentó con el tratamiento 3 ($P < 0.0001$). En el segundo muestreo al final del experimento aumentó la población de estos protozoarios y no se observó diferencia ($P > 0.05$) entre los tratamientos, el menor número de protozoarios nuevamente se presentó en el tratamiento que contenía 40% de EEP (111.87×10^4), seguido por el tratamiento con 20% de EEP (171.12×10^4) y la población mayor la presentó el grupo testigo (172.48×10^4).

En los promedios finales disminuyó ($P < 0.0006$) la población de entodimórfidos en el fluido ruminal a medida que se aumentó el nivel de EEP en las dietas, observándose menor número de entodimórfidos en el tratamiento 3 que contenía 40% de ensilado, seguido del tratamiento 2 y del testigo.

Resultados obtenidos por Faichney *et al* 1997 (151), mostraron poblaciones de 2.6 a 2.8×10^5 /ml de fluido ruminal en borregos alimentados con pasto seco (Orchard). Por otro lado se encontraron poblaciones de 13.83 y 4.32×10^5 /ml de fluido ruminal en borregos alimentados con pasto seco y concentrado en su dieta, estas poblaciones fueron superiores a las que se presentaron con las dietas de la presente investigación. Aquellos investigadores señalaron que generalmente las dietas con alto porcentaje de inclusión de concentrado mostraron un incremento en la población de entodimórfidos.

Por otra parte, los entodimórfidos disminuyen después del período de alimentación y posteriormente se incrementa. Dichas fluctuaciones en el número total de protozoarios se deben al alimento, agua y saliva. Así mismo la frecuencia de alimentación influye en la población de protozoarios en relación con el tiempo después de la alimentación (152). Slyter *et al* 1971 (153) mencionan que el número de protozoarios se incrementa cuando son

adicionados carbohidratos a dietas que contengan urea como única fuente de nitrógeno. De todos los protozoarios los entodimórfidos son los más afectados por diferencias dietarias, debido a que estos dependen de los almidones para obtener energía (152)

Concentración de protozoarios totales (holotrichos y entodimórfidos).

El pequeño número de holotrichos encontrado con este tipo de dietas produjo que la población de protozoarios totales principalmente estuviera determinada por las modificaciones indicadas para los entodimórfidos. La inclusión de EEP disminuyó ($P < 0.0001$) la concentración de protozoarios totales en el contenido ruminal en el primer muestreo. En el segundo muestreo aún cuando se mantuvo esta misma tendencia, la población entre los tratamientos no mostró una diferencia significativa ($P > 0.05$). La disminución en la población de protozoarios producida en el primer periodo afectó el periodo total ya que en el promedio final la población de protozoarios totales en el fluido ruminal disminuyó ($P < 0.007$) a medida que aumentó el nivel de EEP en las dietas. Las poblaciones fueron: 150.36×10^4 , 136.08×10^4 y 90.37×10^4 , en T_1, T_2 y T_3 , respectivamente.

Nagaraja *et al* 1995 (154) obtuvieron concentraciones de protozoarios totales similares a las de la presente investigación, en un estudio en el que utilizaron una alimentación basada en paja de trigo, urea, sulfato de amonio y una mezcla de vitaminas más minerales, donde el número de protozoarios totales en el fluido ruminal fue de 50×10^4 /ml, con un rango de 13 y 124×10^4 /ml. Estos incluían *Entodinium spp* (93.2%), *Diplodinium spp* (0.1%), *Epidinium spp* (variedad *ecaudatum* y *caudatum*) (3.8%), *Eudiplodinium maglii* (0.8%) y *Polyplastron multivesiculatum* (<0.1%). Y únicamente los protozoarios holotrichos presentes fueron *Dasytricha ruminatum* (2.0%).

Faichney *et al* 1997 (151) por su parte encontraron poblaciones de protozoarios totales de 3.12 y 2.76×10^5 /ml de fluido ruminal en borregos alimentados con pasto seco (Orchard), y poblaciones de 14.19 y 4.65×10^5 /ml en dietas conteniendo pasto seco y concentrado en la dieta. Ellos concluyeron que al ocurrir un cambio dramático de alimentación en rumiantes, por ejemplo una dieta alta en forraje a una dieta alta en grano, la población ruminal sufre cambios drásticos.

Interacción de los parámetros ruminales

Yan *et al* 1996 (155) alimentaron carneros con dietas integrales a base de: melaza (Me) 248, ensilado de pasto rye gras (ERG) 200 y paja de cebada (PC) 260 g/Kg de MS. Los tratamientos fueron: T1, dieta control (C) PC + ERG + Me + cebada, grano 19.2% + harina de soya 2.2%; T2, C + urea, 1.2% (CU); T3, C + harina de soya 18.9 % (CS) y T4, C + CS + harina de pescado 8.9% (CSF). El valor de pH y N-NH₃ en el líquido ruminal del T3 se incrementó (P<.05) respecto al T1(6.62 vs 6.40) (9.4 vs 6.34 mg/dl) respectivamente. Por lo que observaron que al aumentar el pH, también se incrementan los niveles de N-NH₃, en el T4, se presentó un incremento en el N-NH₃, debido a un mayor nivel de proteína degradable en el rumen (84g/Kg MS). Esto difiere de los resultados obtenidos en el presente trabajo, ya que observamos un mayor valor de pH (P<.05) en el líquido ruminal del T2 y disminuyó (P<0.05) el N-NH₃ en T2 y T3. Esto posiblemente se debe a las proporciones de las fracciones de proteína de las dietas (156).

Se ha observado que la inclusión de elevados niveles de melaza en la dieta pueden disminuir la eficiencia en la síntesis de proteína microbiana en el rumen. Yan *et al* (155) reporta que la sustitución de elevados niveles de melaza por granos de cereales en la dieta, reduce la utilización de la proteína, debido a una disminución en el pH y un cambio en la composición microbiana en el rumen, ya que los carbohidratos de rápida fermentación en la melaza permiten una pérdida de energía disponible para la actividad microbiana en comparación con los cereales.

Al igual que en el presente experimento las heces producidas por los animales fueron más oscuras de lo normal probablemente por los elevados niveles de melaza en el alimento Yan *et al* 1996 (155).

Martin *et al* 1994 (157) ofrecieron dietas a vacas una vez al día: dieta (H) basada en heno de dactilo ramoso 100% y dieta (BH) ofreció H 65% más concentrado 35% (pellet de grano de cebada), observaron que los animales alimentados con la dieta BH post alimentación el pH disminuyó (una unidad de pH), en la dieta H post alimentación el pH fue mayor variando (0.5 unidades de pH). El pH para la dieta BH permaneció por debajo de 6 a las 5 hrs post alimentación y la dieta H siempre permaneció por arriba de 6, encontrando datos

similares a los encontrados en este trabajo donde la dieta testigo presento un pH menor en comparación con la dieta T2. En este experimento la población total de protozoarios se aumento ($P < 0.05$) con la dieta BH, especialmente a las 23 horas post alimentación. Este cambio se debio al aumento de entodimórfidos ciliados (250 a $359 \times 10^3 / \text{ml}$; $P < 0.05$) y el número de holotrichos disminuyó (78 a $47 \times 10^3 / \text{ml}$; $P < 0.05$). Williams y Coleman 1991 citado por Martin *et al* 1994 (156), reportan que al incrementar los niveles de almidón en la dieta, se incrementa la población de protozoarios entodimórfidos. Sin embargo en la dieta H, observaron un mayor número de holotrichos, respecto a la dieta con concentrado. Lo cual concuerda con lo observado en el presente trabajo, en donde al incrementar el nivel de excretas, se disminuye la población de entodimórfidos y totales.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones de la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

El ensilado de excretas porcinas puede incluirse hasta el 40% en las dietas de corderas en crecimiento ya que cuando las dietas se balancean adecuadamente, se obtienen parámetros productivos: ganancia de peso, consumo de MS y conversión alimenticia similares a los de una dieta tradicional.

El pH ruminal se modifica por la adición de ensilados de excreta porcina en las dietas.

La concentración de $N-NH_3$ en el fluido ruminal de ovejas disminuye por la adición de ensilados de excretas porcinas en sus dietas.

La población de protozoarios entodimórfidos en el fluido ruminal disminuye a medida que aumenta el porcentaje de inclusión de ensilado de excretas porcinas en las dietas de ovejas en crecimiento.

La población de protozoarios holotrichos en el fluido ruminal aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de inclusión de ensilado de excretas porcinas en las dietas de ovejas en crecimiento.

6. RECOMENDACIONES

Es probable que con mayor tiempo de consumo de ensilado de excretas porcinas por las ovejas, desaparezcan las modificaciones del pH ruminal y protozoarios que se observaron en las condiciones de la presente investigación.

Se recomienda hacer estudios de digestibilidad de las dietas que se utilizaron en la investigación. Se recomienda evaluar además el consumo individual de sales minerales, ya que durante el experimento se observó que los animales que consumieron la dieta con ensilado de excreta porcina, 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

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones de la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

El ensilado de excretas porcinas puede incluirse hasta el 40% en las dietas de corderas en crecimiento ya que cuando las dietas se balancean adecuadamente, se obtienen parámetros productivos: ganancia de peso, consumo de MS y conversión alimenticia similares a los de una dieta tradicional.

El pH ruminal se modifica por la adición de ensilados de excreta porcina en las dietas.

La concentración de $N-NH_3$ en el fluido ruminal de ovejas disminuye por la adición de ensilados de excretas porcinas en sus dietas.

La población de protozoarios entodimórfidos en el fluido ruminal disminuye a medida que aumenta el porcentaje de inclusión de ensilado de excretas porcinas en las dietas de ovejas en crecimiento.

La población de protozoarios holotrichos en el fluido ruminal aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de inclusión de ensilado de excretas porcinas en las dietas de ovejas en crecimiento.

6. RECOMENDACIONES

Es probable que con mayor tiempo de consumo de ensilado de excretas porcinas por las ovejas, desaparezcan las modificaciones del pH ruminal y protozoarios que se observaron en las condiciones de la presente investigación.

Se recomienda hacer estudios de digestibilidad de las dietas que se utilizaron en la investigación. Se recomienda evaluar además el consumo individual de sales minerales, ya que durante el experimento se observó que los animales que consumieron la dieta con ensilado de excreta porcina, 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 niveles más altos de inclusión de ensilado de excretas porcinas en las dietas. Así como mayor investigación en los parámetros ruminales y sobre las fracciones de proteína de las dietas.

7. LITERATURA CITADA

- 1.- Banderas TR. Evaluación química y biológica de ensilados a base de gallinaza y melaza a diferentes proporciones y niveles de humedad. (tesis de licenciatura). Fac. de Med. Vet. Zoot. U.N.A.M 1981.
- 2.- Cruz QFD. Utilización de excretas de conejo en la alimentación de conejos en crecimiento. (tesis de licenciatura). Fac. de Med. Vet. Y Zoot. U.N.A.M., 1982.
- 3.- FAO : Desarrollo rural: Soluciones simples para problemas complejos. Desarrollo Rural, No 7 1992.
- 4.- Frazier WC, Westhoff DC. Microbiología de Alimentos. Acribia. España, 1978.
- 5.- Liceaga MM. Manejo de excretas en granjas porcinas : Estudio recapitulativo. (tesis de licenciatura) . Fac. de Med. Vet. Y Zoot. U.N.A.M. México, D.F. 1994.
- 6.- Campabadal C, Navarro GH. Factores que afectan la utilización de la cerdaza en la alimentación del ganado de carne. Asociación Americana de Soya. ASA/México. A.N. No 145 (1995)
- 7.- González S J. Compromiso ecológico de la Confederación Nacional Ganadera. México Ganadero 1994;383: 4-9.
- 8.- Iñiguez B, Robles A. Uso del estiércol. Industria Porcina 1990;10: 10-11.
- 9.- Iñiguez G. Aprovechamiento del estiércol de cerdo mediante fermentación. Nuestro Acontecer Porcino 1993;1: 14-20.
- 10.- Campabadal CM, Navarro GH. Utilización de la cerdaza en la alimentación de ganado de carne y como alternativa para evitar la contaminación ambiental. Asociación Americana de Soya. ASA/ México. A.N. No 134 (1994).
- 11.- Oñate LS. Medio Ambiente y TLC. Porcicultura Mexicana 1993;5: 19-25.
- 12.- Pauzenga U. Producción animal en los años 90 en armonía con la naturaleza. Porcirama 1992;2: 23 - 24.
- 13.- Pineda E, Duhard P. Solución para mejorar el ambiente y el manejo de excretas en instalaciones. Porcirama 1991;1: 36-57.
- 14.- Ríos R R. En pequeños rumiantes, la política es que.....¡No hay Política! Nuestro Acontecer Bovino. 1998;4: 60-62.
- 15.- 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.
- 16.- Campabadal C. Utilización de cerdaza en el ganado de carne. Acontecer Bovino. 1995; 1:4-10.
- 17.- Salazar G G. Reciclaje de excretas, buen negocio. Síntesis Porcina 1995; octubre: 19 - 24.
- 18.- Ramírez VFJ. Valor nutricional de ensilados de rastrojo de maíz y cerdaza o gallinaza para borregos con o sin implante de zeranol. (tesis de Maestría en Ciencias). Chapingo (México). Colegio de Postgraduados, 1990.
- 19.- Goering HK, Smith LW. Composition of corn plant ensiled with excreta or nitrogen supplements and its effect on growing wethers. J. Anim. Sci. 1977; 44:452-461.

- 20.- Berger J, Fontenot J, Kornegay E, 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.
- 21.- Iñiguez CG. 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.
- 22.- McCaskey TA, Anthony WB. Human and animal health aspects of feeding livestock excreta. *J. Anim. Sci.* 1979; 48: 163-175.
- 23.- Peña RM. 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.
- 24.- Cabrera MP. 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.
- 25.- Angulo MRB. 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.
- 26.- Canacintra. La industria alimentaria animal en México. Sección 49 de Fabricantes de alimentos Balanceados para Animales, Canacintra, México, 1994 – 1995.
- 27.- Gadd J. El estiércol promotor de enfermedades. *Porcrama* 1973;20 (2):43-44.
- 28.- Castellanos RA. La pollinaza tiene gran demanda. *Cebú* 1992;30: 24.
- 29.- McCollough ME. NFIA, Fermentation of silage a Review. National Feed Ingredients Association. Iowa, USA, 1978.
- 30.- Salazar GG. Algunas consideraciones sobre el manejo y valor de las excretas en la alimentación animal. *Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*. Acapulco, Gro. México, Oct. 1994.
- 31.- Day DL, Harmon BG. Properties related to utilization. In: *Standardizing Properties and Analytical Methods Related to Animal Wastes Research*. Amer. Agr. Eng., St. Joseph, MI. USA. SP-0275. 1975.p 48.
- 32.- Salcedo MJR. Efecto de la inclusión de excretas frescas de cerdo en dietas para bovinos de engorda sobre la síntesis de proteína microbiana ruminal. Proyecto de tesis de doctorado. CINESTAV. I.P.N. México, D.F 1995.
- 33.- Church DCL. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminant*. 2^o ed. O and B Books inc., corvallis, OR., USA, 1980.
- 34.- Shimada A. *Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa*. 1^a ed. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C. México, 1983.
- 35.- 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.
- 36.- Pérez ER. *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.
- 37.- Moser AM. *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.

- 38.- Vega VF, Romero SH. Daños y soluciones ecológicas en las granjas porcícolas. *Porcrama* 1987; 11: 62-67.
- 39.- Berger J, Kornegay E, Fontenot, 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.
- 40.- Escobedo GCL. La contaminación y la definición de tecnologías. Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Acapulco, Gro. México, Oct. 1994.
- 41.- Pérez E R. Ganadería porcina y medio ambiente. *México Ganadero* 1992, julio.25-27.
- 42.- Anónimo: En Holanda el problema son las excretas porcinas . *Síntesis Porcina* 1988;5 (7): 26-28.
- 43.- Cole DJA. Controlando el impacto ambiental de los productos nitrogenados de desecho sobre la salud animal, el desempeño y sobre el medio ambiente. Ronda latinoamericana en Biotecnología .1-8 *Alltech, Inc.*, (1993).
- 44.- Flores MJA. *Bromatología Animal*. 3ª. Ed. México: Limusa, 1989.
- 45.- García SJ. Evaluación del efecto de la adición de un ensilado a base de cerdaza y sorgo sobre el comportamiento productivo de cerdos alimentados durante la etapa de desarrollo. (tesis de licenciatura). Fac. Med. Vet. Y Zoot. U.N.A.M. México, D.F.1993.
- 46.- Jacques KA, Hoyos G. Manejo de desperdicios y control de olores: necesidades de planificación para la producción intensiva. *Biotecnología en la Industria de Alimentación Animal* 1992;3:197 -210.
- 47.- Orskov RE. 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.
- 48.- Castrejón PFA. 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.
- 49.- Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en América Latina y el Caribe. Memorias del taller regional PNUMA (CEPAL) GE PLACEA. México, D. F., diciembre de 1985. Primera edición (Español) 1986.
- 50.- Sutton A. El manejo del desperdicio porcino, problemas y oportunidades. *Desarrollo Porcícola* 1993;14: 24-27.
- 51.- Taiganides EP. Manejo de desechos en ganadería, métodos prácticos en la perspectiva mundial y latinoamericana. Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Acapulco, Gro. México, Oct. 1994
- 52.- Archila CW, Herrera SR, Gonzalez MS. Evaluación nutritiva de maíz y sorgo forrajero ensilado con excreta y melaza. *Agrociencia serie Ciencia Animal* 1991;1 (2):135-152.
- 53.- Nicolet J. *Compendio de Bacteriología Médica Veterinaria*. 1ª . ed. España Acriba., 1985.
- 54.- 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.

- 55.- Smith WL, Wheeler EW. Nutritional and economic value of animal excreta. *J. Anim. Sci.* 1979; 48: 144-156.
- 56.- Donald LD. Aprovechamiento de excretas animales, como ingrediente para raciones alimenticias. *Porcivama* 1988, 11:41-57
- 57.- 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.
- 58.- Iñiguez CG, De la Torre M, Cuarón I, Pérez G, Magaña P. Fermentation characteristics of swine waste ensiled with wheat straw and cane molasses. *Biological Waste.* 1990; 34:227-239.
- 59.- Arndt DL, Hatfield EE. Processing and Handling of animal excreta for refeedind. *J. Anim. Sci.* 1979; 48:161-162.
- 60.- Toledo BA. 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.
- 61.- Martínez CVA. Efecto de la inclusión de cerdaza en ensilados de planta de maíz y melaza, sobre los parámetros productivos de corderas criollas (tesis de licenciatura). México (DF) México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 1999.
- 62.- Kornegay EJ, Hollan MR, Webb KE, Bovard KP, Hedges JD. Nutrient Characterization of swine fecal waste and utilization of these nutrients by swine. *J. Anim. Sci.* 1977;44:608.
- 63.- Orr DE, Miller ER, Ku PK, Berger WG, Ullrey DE. Reciclyng of dried waste in swine. *J. Anim. Sci. Abstrac* 1971;33:1152
- 64.- Smith WL, Wheeler EW. Nutritional and economic value of excreta. *J. Anim. Sci.* 1979;48:144-156.
- 65.- Tinnimit P, Yu Y, McGuffey K, Thomas V. Dried animal waste as a protein supplement for sheep. *J. Animal. Sci* 1972;35: 431-435.
- 66.- Van Dyke NJ, Prince TJ, Hill DT. Digestibility and utilization of energy and protein in screened swine waste solids by gestating gilts. *J Anim. Sci.* 1986;63:1150-1155.
- 67.- Cobos PMA. 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.
- 68.- 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. Agríc.*; 1988, 22: 169- 172.
- 69.- McDonald P. The ensilage process. In: *Chemistry and Biochemistry of Herbage.* Vol. 1. Ed by G.M. Butler and R. W. Bailey. Academic Pres. New York and London. 1981.p 89
- 70.- Diggs BG, Baker Jr, James FG. Value of pigs faeces in swine finishing rations. *J. Anim. Sci.* 1965 ;24: 291. (Abstr).
- 71.- Morrison FB. *Compendio de Alimentación del Ganado.* ed. México: UTEHA, 1991.
- 72.- Kamra DN, Srivastava. Effect of sugarcane molasses on fermentation of pig faeces and wheat straw inoculated with Lactic-Acid-Producin. *Bioresource Technology* 1994;47: 87-88.
- 73.- Castellanos R, Llamas LG, Shimada SA. *Manual de técnicas de Investigación en Ruminología.* ed. México: Sistemas de Educación Continua en Producción Animal en México AC, 1990

- 74.- Ceballos HA. 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.
- 75.- Mendoza MGD, Ricalde Velasco. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Universidad Autónoma Metropolitana . Capítulo nueve. Uso de aditivos alimenticios. 1993:55-59.
- 76.- Valdez OA, Nuñez HG. El uso de esquilmos agrícolas para la alimentación animal en la zona centro de México. Memoria del Seminario. Utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Centro de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 1984.
- 77.- Castañeda FE, Monroy AV. Métodos de procesamiento de subproductos agrícolas para elevar su valor nutricional. Memorias del Seminario Utilización de subproductos industriales en la alimentación de rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 1984.
- 78.- Klopfenstein JT, Roth L, Fernández RS, Lewis M. Rastrojo de maíz en los sistemas de producción de carne. Memoria del Curso Internacional Manejo nutricional de bovinos en corrales de engorda. Centro de Ganadería. Colegio de Postgraduados, Montecillo México. 1991.
- 79.- Orpin CG. The role of ciliate protozoa and fungi in the rumen digestion of plant cell walls. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 1983/84;10:121-143.
- 80.- Beveridge RI, Richards GN. Investigation of the digestion cell wall polysaccharides of spear grass and cotton cellulose by viscometry and X-ray diffraction techniques. *Carbohydr. Res.* 1975;43: 163-172.
- 81.- Riquelme EV. Suplementación y efectos asociativos en dietas basadas en subproductos agrícolas. Seminario: Utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. 1-24 Centro de Ganadería .Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo de México. 1984.
- 82.- Jackson MG. Review Article: The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci Technol* 1977;2:105-130.
- 83.- Nakashima Y, Orskov ER, Hotten PM, Ambo K, Takase Y. Rumen degradation of straw. *Anim. Prod* 1988;47:421-427.
- 84.- Ortega CME. Tratamiento biológico de esquilmos agrícolas. Memorias: Producción de carne bovina en corrales. Auditorio del CEICADAR Carr. Fed. México-Puebla. Km. 125.5., 12 al 14 de Septiembre de 1994. 115-119 Benemérita Universidad de Puebla. Puebla, Pue. 1994.
- 85.- Shimada YA. Metabolismo de los carbohidratos. In: Pérez D. M. Ed. Manual sobre ganado productor de leche. Ed DIANA México 1991;44-63.
- 86.- Thomas PC, Rook JAF. Manipulation of rumen fermentation. Recent advances in animal nutrition. William, H. y Dyfed L 1977;83 – 89.
- 87.- Jouany JP. Methods of manipulating the microbial metabolism in the rumen. *Ann. Zootech* 1994;43:49-62.
- 88.- Hobson PN. Physiological characteristics of rumen microbes in relation to diet and fermentation patterns. *Proc. Nutr Soc.* 1972;31:135.
- 89.- Dirksen G. Acidosis: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Ed. Phillipson. Oriel Press 1970;613-629.
- 90.- Hungate RE. The Rumen and its Microbes. Ed. Academic Press, N. Y 1966.

- 91.- Hino T, Kametaka M, Kandatsu M. The cultivation of rumen oligotrich protozoa. I. Factors influencing the life of Entodinia. *J. Gen. Microbiol* 1973;19:305.
- 92.- Williams AG, Coleman GS. The rumen protozoa. *Broc/Springer. Series in contemporary Bioscience*. pp 86 y 97 1991.
- 93.- Cheng KJ, Stewart D, Dinsdale, Costerton JW. Electron microscopy of the bacteria involved in the digestion of plant cell walls. *Anim. Feed. Sci. Technol* 1984;10:93.
- 94.- Rodríguez GF, Lamas LG. Digestibilidad, balance de nutrimentos, y patrones de fermentación ruminal. In: R. A. Castellanos, L. G. Llamas y S. A. Shimada, Eds. *Manual de técnicas de investigación en ruminología. Sistemas de educación Continua en Producción Animal en México*. A. C. México D. F 1990;95-126.
- 95.- Orskov ER. Nutrición proteica de los rumiantes. Ed. Acribia S. A. España 1988;45-93.
- 96.- Pérez-Gavilán EJP, Viniestra GG, Roboso Camacho. Evaluación bromatológica de suplementos proteicos para ganado bovino. I. Evaluación de la solubilidad de los compuestos nitrogenados. *Veterinaria México* 1976;7:8.
- 97.- Mathison GW, Milligan LP. Nitrogen metabolism in sheep. *Bri. J. Nutr* 1971;25: 351.
- 98.- Tamminga S. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *J. Anim. Sci* 1979;49:1625 (Abstr).
- 99.- Satter MJ, Slyter LL. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British J. Ntr* 1974;32:199-208.
- 100.- Mehrez AZ, Orskov ER, McDonald Y. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr* 1977;38:437-443.
- 101.- Chalupa W. Manipulating rumen fermentation. *J. Anim. Sci* 1977;45:585.
- 102.- Harrison, Mc Allan. Factors affecting microbial growth yields in the reticulo-rumen. Ruckebusch, Y & Thivend, P. *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Eds Press. Ltd. U.K. pp 205-226 1980.
- 103.- Coleman G S. The amylase activity of 14 species of Entodiniomorphid protozoa and the distribution of amylase in rumen digesta fractions of sheep containing no protozoa or one of seven different protozoal populations. *J. Agric Sci. Camb* 1986b. 107:709.
- 104.- Wallace RJ, Newbold CJ. Rumen fermentation and its manipulation: The development of yeast cultures as feed additives In: *Biotechnology in the Feed Industry*. Edited by: Lyon T. P. 173-191. Alltech Technical Publications. Nicholasville, KY., USA., 1993.
- 105.- Williams A G. Rumen holotrichciliate protozoa. *Microbiol. Rev* 1986;50:25-49.
- 106.- Abe M, Iriki T, Tobe N, Shibui H. Sequestration of holotrich protozoa in the reticulo-rumen of cattle. *Appl. Environ. Microbol* 1981;41:758-765.
- 107.- Jouany JP. Effects of diet on populations of rumen protozoa in relation to fibre digestion. In: *The Protozoa and fungi in Ruminant digestion*. Edited by: Nolan, J. V.; Lenf, R. A. and Demeyer, D. I. 59-74. *Proceedings of an international seminar held at the University of new England, Armidale, Australia. 26-29th September, 1988. Penambull Books, Australia, 1989.*
- 108.- Dehority BA, Purser DB. Factors affecting the establishment and numbers of holotrich protozoa in the ovine rumen. *J. Anim. Sci* 1970;30:445-449.
- 109.- Clarke RTJ. Ciliates of the rumen of domestic cattle (*Bos taurus* L.). *N. Z. J. Agric. Res* 1964;7:248-257.
- 110.- Michalowsky T. Effect of the different diets on the diurnal concentrations of ciliate protozoa in the rumen of water buffalo. *J. Agri. Sci* 1975;85:145-150.

- 111.- Murphy MR, Drone PE, Woodford ST. Factors stimulating migration of holotrich protozoa into the rumen. *Appl. Environ. Microb* 1985;42:1329-1331.
- 112.- Coleman GS. Protozoal – Bacterial interaction in the rumen. The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion. Eds. Proceedings of an international seminar held at the University of New England, Armidale, Australia 1988;13-27.
- 113.- Coleman GS, Hall FJ. Electron Microscopy of the rumen ciliate *Entodinium ecaudatum caudatum* and *Polyplastrum multivesiculatum in vitro*. *J. Gen. Microb* 1969;75:509-521.
- 114.- Coleman GS. The metabolism of starch, maltose, glucose and some other sugars by the rumen ciliate *Entodinium caudatum*. *J. Gen. Microb* 1969;57:303-332.
- 115.- Coleman GS, Sandford DC. The engulfment and digestion of mixed rumen bacterial and individual bacterial species by single and mixed species of rumen ciliate protozoa grown *in vivo*. *J. Agric. Sci.* 1979;92:729-742.
- 116.- Eadie JM, Hobson PN. Effect of the presence or absence of rumen ciliate protozoa on the rumen bacterial count in lambs. *Nature London* 1962;193:503-505.
- 117.- Kurihara Y, Eadie JM, Hobson PN, Mann SO. Relationship between bacteria and ciliate protozoa in the sheep rumen. *J. Gen. Microbiol* 1968;51:257-288.
- 118.- Kurihara Y, Takechi T, Shibata F. Relationship between bacteria and ciliate protozoa in the rumen of sheep feed on a purified diet. *J. Agric Sci* 1978;90:373-381.
- 119.- Mendoza MGD. Site and extent of starch digestion in ruminantes feed high grain diets. I. Role of ruminal protozoa. II. Mixtures of high moisture corn and dry rolled sorgum. III. Duodenal infusion of Casein. Doctoral Dissertation. University of Nebraska, Lincoln 1991.
- 120.- Nolan JV, Leng RA. Dynamic aspects of ammonia and urea metabolism in sheep. *British. J. Nutr* 1972;27:177-194.
- 121.- Coleman GS. The inter-relationships between rumen ciliate protozoa and bacteria. Digestion and metabolism in the Ruminant. University of New England, Armidale, Eds. Mc Donald I. W. And Warner, A.C. Australia 1975;149-165.
- 122.- Cottle DJ, Nolan JV, Leng R A. Turnover of protozoa and bacteria in the rumen of sheep. *Proc. Austr. Soc. Anim. Prod* 1978;12: 138.
- 123.- Stumm CK, Gijzen HJ, Vogel GD. Association of methanogenic bacterial with ovine rumen ciliates. *British J. Nutr* 1982; 45: 95-99.
- 124.- Leng RA. Dynamics of protozoa in the rumen of sheep. *British J. Nutr* 1982; 48: 399-415.
- 125.- Weller RA, Pilgrim AF. Pasage of protozoa and volatile fatty acids from the rumen of the sheep and from a continous *in vitro* fermentation system. *British J. Nutr.* 1974;32:341-351.
- 126.- Ushida K, Jouany JP. Effect of protozoa on rumen protein degradation in sheep. *Repr. Nutr. Develop.* 1985;25:1075-1081.
- 127.- Clarke RTJ. Diurnal variations in the number of ciliate protozoa in cattle. *N. Z. J. Agric. Res.* 1965;8:1-9.
- 128.- Valdez RE, Alvarez FJ, Ferreiro HM, Guerra F, López J, Priego A, Blackburn TH, Leng RA, Preston TR. Rumen function in cattle given sugar cane. *Trop. Anim. Prod* 1977;2:260-272.
- 129.- Bauchop T. Scanning electron microscopy in the study of microbial digestion of plant fragmens in the gut. In: D. C. Elwood, J. N. Hedger, M. J. Latham, J. M. and J. H.

- Slater (Ed) Contemporary Microbial Ecology. Academic press, New York 1980; 101.
- 130.- Leng RA. Dynamics of protozoa in the rumen. Eds. *Proceedings of an international seminar held at the University of New England, Armidale, Australia 1986*, 51-58.
- 131.- Coleman GS. Possible causes of the death rate of ciliate protozoa in the rumen. *J. Agric. Sci.* 1985;105:39-43.
- 132.- A.O.A.C. Methods of the Association of Official Analytical Chemist, 1975.
- 133.- National Research Council. Nutrient Requirements of sheep. Sixth ed. Washington (DC): National Academic Press, 1985.
- 134.- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México. Los Municipios del Estado de México. 1ra ed. México: Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México, 1988
- 135.- Goerin H, Van Soest PJ. Forage fibre analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). 379 *Agricultural Handbook*. ARS. ASD, Washington, D.C. 1970.
- 136.- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch poly saccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci* 1991;74:3583-3597
- 137.- McClough H. The determination of ammonia in whole blood by a direct calorimetric method. *Clin. Chin. Acta* 1967; 17:279.
- 138.- Corona GL. Tesis para obtener el grado de Maestro en producción animal. Evaluación de cultivos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación ruminal y flujo duodenal de aminoácidos en ovinos con una dieta basada en rastrojo de maíz (*Zea mays*) (Maestro en Producción Animal). México DF.: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1996.
- 139.- Angeles CSC. Tesis para obtener el grado de Maestro en producción animal. Evaluación de cultivos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a dosis comercial sobre la población de protozoarios y el metabolismo ruminal en ovinos alimentados con una dieta elaborada a base de rastrojo de maíz. (Maestro en Producción Animal). México DF.: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1996.
- 140.- Benjamin MN. Manual de patología clínica en veterinaria. México: Editorial Limusa S.A. de CV. 1984.
- 141.- S.A.S. Institute Inc. Statistical Analysis System Procedures guide for personal computers. Ver.6. Edition Nort Carolina, U.S.A. 1985.
- 142.- Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: 2nd ed. Singapore: McGraw Hill International Book Co, 1984.
- 143.- Verdín SH, Orozco HJR, Ruíz CR. Inclusión de cerdaza ensilada sobre parámetros productivos de borregos encastado de pelibuey. XXIII Congreso nacional de Buiatria. Agosto de 1999 Aguascalientes Ags México. Asociación Mexicana de Médicos Especialistas en Bovinos, A.C. Pag 354-357.
- 144.- Meza BJ, Morquecho LC, Dominguez V, Ignacio A, Mariezcurrena B. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria; Veracruz (Ver) México 1997 noviembre 3-8; Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 1997: 110.

- 145.- 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.
- 146.- Owens FN, Dubeski P, Hanson CF. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 1993;71:3138-3150.
- 147.- Oh J H, Hume I D, Torell. Development of microbial activity in the alimentary tract of lambs. *J. Anim. Sci.* 1972; 35:450-459.
- 148.- Goering HF, Smith LW. Composition of the corn plant ensiled with excreta or nitrogen supplements and its effect on growing wethers. *J. Anim. Sci.* 1977;44:452.
- 149.- Martínez AAMM. Uso del ensilado de estiércol, rastrojo de maíz y melaza en la alimentación de becerras holstein. (Tesis de maestría en Ciencias). Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Centro de ganadería. Monotecillo México. 1990.
- 150.- Rogers JA, Conrad HR, Dehority BA, Grubb JA. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers using wet and dried brewers grains. *J. Dairy. Sci* 1986. 69:745-753.
- 151.- Faichney GJ, Poncet C, Lassalas B, Jouany J P, Millet L, Doré J, Brownlee AG. Effect of concentrates in hay diet on the contribution of anaerobic fungi, protozoa and bacteria to nitrogen in rumen and duodenal digesta in sheep. *Animal feed science and technology.* 1997;64:193-213.
- 152.- Dennis SM, Arambel MJ, Bartley EE, Dayton A E. Effect of energy concentration and source of nitrogen on numbers and types of rumen protozoa. *J. Dairy Sci.* 1983;66:1248-1254.
- 153.- Slyter LL, Kern DL, Weaver JM, Oltjen RR, Wilson RL. Influence of starch and nitrogen sources on ruminal microorganisms of steers fed high fibre purified diets. *J. Nutr.* 1971;101:847-853.
- 154.- Nagaraja TG, Godfrey SI, Winslow SW, Rowe JB. Responses in ciliate protozoa in rumen fermentation in sheep supplemented with barley plus virginiamycin. *Ast. J. Agric. Res* 1995;46:1137-47.
- 155.- Yan T, Offer NW, Roberst DJ. The effects of dietary nitrogen sources and levels on rumen fermentation, nutrient degradation and digestion and rumen microbial activity by wether sheep given a high level of molasses. *Animal Science* 1996;63:123-131.
- 156.- Sniffer CJ, O'Connor DOJ, Van Soest PJ, Fox DG, Russell. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II Carbohydrate and protein availability. 1992;70:3562.
- 157.- Martin C, Williams AG, Michalef D. Isolation and Characteristics of protozoal and bacterial fractions from bovine ruminal contents. *J. Anim. Sci.* 1994;72:2962-2968.

8. CUADROS

Cuadro 14. Consumo de Materia seca por corral (Kg). de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).

PERÍODO	TRATAMIENTOS		
	T1	T 2	T 3
1	1.68 ^a	1.26 ^a	1.38 ^a
2	1.90 ^a	1.49 ^a	1.64 ^a
3	2.34 ^a	1.88 ^a	2.02 ^a
4	2.78 ^a	2.22 ^a	2.26 ^a
Total	2.17^a	1.71^a	1.83^a

^a por hilera sin diferencia estadística (P>.05)

T1 = 0% EEP, T2 = 20% EEP y T3 = 40% EEP (base seca)

Cuadro 15. Ganancia diaria de peso por corral (Kg), de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).

PERÍODO	TRATAMIENTOS		
	T1	T 2	T 3
1	0.387 ^a	0.395 ^a	0.465 ^a
2	0.489 ^a	0.470 ^a	0.421 ^a
3	0.465 ^a	0.458 ^a	0.360 ^a
4	0.490 ^a	0.439 ^a	0.412 ^a
Total	0.455^a	0.440^a	0.414^a

^a por hilera sin diferencia estadística (P>.05)

T1 = 0% EEP, T2 = 20% EEP y T3 = 40% EEP (base seca)

Cuadro 16. Conversión Alimenticia por corral (Kg), de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).

PERÍODO	TRATAMIENTOS		
	T1	T 2	T 3
1	4.620 ^a	3.284 ^a	3.129 ^a
2	3.843 ^a	3.464 ^a	4.323 ^a
3	4.957 ^a	4.246 ^a	5.677 ^a
4	5.990 ^a	5.229 ^a	5.471 ^a
Total	4.990^a	4.056^a	4.650^a

^a por hilera sin diferencia estadística (P>.05)

T1 = 0% EEP, T2 = 20% EEP y T3 = 40% EEP (base seca)

Cuadro 17. Parámetros ruminales de ovejas en crecimiento al ofrecer dietas con ensilado de excretas porcinas al inicio, final y promedios totales del periodo experimental.

Variable	T 1		T 2		T 3		P > F	CV	T * B
	Testigo		20%		40%				
	X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.			
N-NH ₃									
Inicio	34.49 ^a	±12.43	16.53 ^b	±10.37	15.65 ^b	±7.21	0.11	51.13	0.99
N-NH ₃									
Final	16.79 ^a	±3.67	11.03 ^{ab}	±5.78	9.66 ^b	±4.45	0.19	39.71	0.61
N-NH ₃ Total	25.64 ^a	±5.85	13.79 ^b	±6.54	12.66 ^b	±4.18	0.02	35.14	0.92
pH Inicio	6.37 ^b	±0.18	6.85 ^a	±0.29	6.66 ^{ab}	±0.44	0.18	5.02	0.70
pH Final	6.27 ^a	±0.24	6.55 ^a	±0.18	6.52 ^a	±0.30	0.25	3.90	0.53
pH Promedio	6.32 ^b	±0.16	6.70 ^a	±0.20	6.59 ^{ab}	±0.31	0.05	3.45	0.46
Entodimórfidos									
Inicio	127.62 ^a	±30.18	100.50 ^b	±16.30	65.62 ^c	±14.32	0.0001	16.50	0.15
Entodimórfidos									
Final	172.48 ^a	±64.14	171.12 ^a	±82.11	111.87 ^a	±24.04	0.01	31.82	0.01
Entodimórfidos									
Promedio	150.05 ^a	±35.61	135.81 ^a	±38.83	88.75 ^b	±11.99	0.0006	18.22	0.005
Holotrichos									
Inicio	0.275 ^a	±0.70	0a	±0.0	0.59 ^a	±0.72	0.33	201.31	0.67
Holotrichos									
Final	0.35 ^b	±0.91	0.53 ^b	±0.30	2.6 ^a	±1.11	0.0095	79.36	0.77
Holotrichos									
Promedio	0.31 ^b	±0.55	0.26 ^b	±0.15	1.62 ^a	±0.68	0.009	76.95	0.76
Protozoarios									
Totales Inicio	127.90 ^a	±30.04	100.50 ^b	±16.30	66.22 ^c	±14.36	0.0001	16.44	0.15
Protozoarios									
Totales Final	172.83 ^a	±63.72	171.65 ^a	±82.00	114.47 ^a	±23.28	0.02	31.41	0.01
Protozoarios									
Totales Promedio	150.36 ^a	±35.32	136.08 ^a	±38.77	90.37 ^b	±11.82	0.007	18.00	0.004

X = Promedio

D.E. = Desviación Estándar

Diferente literal por renglón, es estadísticamente diferente (P < 0.05)

Inicio = Primer muestreo

Final = Segundo muestreo

N-NH₃ = En el contenido ruminal (mg/dl)

E. = Protozoarios (entodimórfidos x 10⁴) / ml de contenido ruminal.

H. = Protozoarios (holotrichos x 10⁴) / ml de contenido ruminal.

PT. = Protozoarios (totales x 10⁴) / ml de contenido ruminal

P > F = Probabilidad

CV = Coeficiente de variación

T * B = Interacción Tratamiento Bloque

ESTA TESIS
SALIR DE LA
NO DEBE
BIBLIOTECA

Cuadro 18. Ganancia diaria de peso (Kg) por corral, de acuerdo al periodo y bloque de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).

		TRATAMIENTOS								
		T1			T2			T3		
BLOQUE	PERIODO	n	X	D. E.	n	X	D. E.	n	X	D. E.
PESADAS	1	4	0.238	0.106	6	0.266	0.067	6	0.324	0.095
	2		0.310	0.076		0.219	0.094		0.250	0.112
	3		0.258	0.070		0.228	0.072		0.189	0.061
	4		0.308	0.028		0.197	0.068		0.236	0.056
	TOTAL			0.290	0.036		0.227	0.032		0.250
MEDIANAS	1	8	0.185	0.098	4	0.169	0.105	4	0.240	0.047
	2		0.240	0.080		0.243	0.086		0.231	0.052
	3		0.227	0.098		0.219	0.070		0.162	0.047
	4		0.228	0.083		0.231	0.040		0.200	0.051
	TOTAL			0.220	0.055		0.216	0.040		0.208
LIGERAS	1	4	0.122	0.036	6	0.148	0.050	6	0.136	0.116
	2		0.188	0.054		0.246	0.054		0.157	0.125
	3		0.219	0.076		0.236	0.063		0.182	0.078
	4		0.215	0.088		0.233	0.055		0.179	0.088
	TOTAL			0.187	0.056		0.216	0.050		0.163

T1 = 0% EEP, T2 = 20% EEP y T3 = 40% EEP (base seca)

n= Número de observaciones

X= Promedio

D. E.= Desviación estandar

Cuadro 19. Conversión alimenticia (Kg) por corral, de acuerdo al periodo y bloque de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).

		TRATAMIENTOS								
BLOQUE	PERIODO	T1			T2			T3		
		n	X	D. E.	n	X	D. E.	n	X	D. E.
PESADAS	1	2	4.272	0.880	3	3.274	0.427	3	3.155	0.523
	2		4.530	1.346		4.967	2.450		5.637	3.889
	3		6.371	0.022		5.058	0.753		7.195	0.780
	4		5.977	0.221		6.471	1.635		6.297	1.073
	TOTAL			5.288	0.076		4.943	0.959		5.571
MEDIANAS	1	4	5.044	2.294	2	4.381	1.090	2	3.029	0.598
	2		3.944	0.704		3.427	1.667		3.702	0.786
	3		4.992	1.229		4.608	2.365		6.774	1.547
	4		6.648	3.349		5.204	1.275		6.010	1.100
	TOTAL			5.157	1.653		4.405	1.054		4.876
LIGERAS	1	2	4.122	0.880	3	2.562	0.496	3	3.175	1.615
	2		2.955	0.132		1.987	0.285		3.423	1.287
	3		3.476	1.244		3.193	0.522		3.429	1.169
	4		4.688	0.981		4.004	0.346		4.286	0.555
	TOTAL			3.810	0.809		2.937	0.350		3.578

T1 = 0% EEP, T2 = 20% EEP y T3 = 40% EEP (base seca)

n= Número de observaciones

X= Promedio

D.E.=Desviaciónestandar

Cuadro 20. Conversión alimenticia (Kg) por corral, de acuerdo al periodo y bloque de corderas alimentadas con ensilado de excretas porcinas (EEP).

		TRATAMIENTOS								
		T1			T2			T3		
BLOQUE	PERIODO	n	X	D. E.	n	X	D. E.	n	X	D. E.
PESADAS	1	2	2.206	0.032	3	1.602	0.164	3	1.839	0.300
	2		2.503	0.033		1.808	0.189		2.183	0.491
	3		3.049	0.053		2.114	0.255		2.482	0.455
	4		3.413	0.005		2.305	0.171		2.753	0.415
	TOTAL			2.792	0.124		1.597	0.191		2.314
MEDIANAS	1	4	1.574	0.597	2	1.281	0.432	2	1.352	0.365
	2		1.765	0.635		1.483	0.485		1.591	0.374
	3		2.159	0.857		1.745	0.450		2.001	0.110
	4		2.549	0.755		2.204	0.336		2.152	0.256
	TOTAL			2.012	0.708		1.679	0.426		1.774
LIGERAS	1	2	0.903	0.102	3	0.637	0.104	3	0.689	0.264
	2		1.031	0.118		0.896	0.091		0.830	0.312
	3		1.308	0.090		1.367	0.055		1.189	0.559
	4		1.796	0.365		1.719	0.146		1.410	0.530
	TOTAL			1.259	0.169		1.164	0.090		1.029

T1 = 0% EEP, T2 = 20% EEP y T3 = 40% EEP (base seca)

n= Número de observaciones

X= Promedio

D. E.= Desviación estandar