



11662
5
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

UTILIZACION RUMINAL, DIGESTION Y POTENCIAL
DE PRODUCCION DE LECHE, DE VACAS
ALIMENTADAS CON ENSILADOS DE PASTOS
TROPICALES

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN NUTRICION ANIMAL

P R E S E N T A :

ERMEL COLON GUTIERREZ ARROBO

ASESOR: DR. GERARDO LLAMAS LAMAS



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 está 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.

RESUMEN

Con el fin de estudiar el uso de pastos tropicales ensilados para la producción de leche y sus limitantes a nivel ruminal, se plantearon dos experimentos. En el primero los tratamientos consistieron en cuatro ensilados a libertad: t1) sorgo forrajero (SF), t2) zacate Taiwán (ZT), t3) zacate Taiwán + 5% de melaza al ensilar (ZT+M) y t4) zacate estrella de Africa + 5% de melaza (ZEA+M). Además en cada tratamiento se ofrecieron 5.46 kg de concentrado (18% PC) por cabeza/día. Para ello se usaron ocho vacas en lactación con un peso promedio de 479.2±30 kg y alimentadas individualmente; empleando un diseño de cuadro latino doble 4x4, con periodos de 21 días. En el segundo experimento se estudió la utilización ruminal y la digestibilidad de estos ensilados; se usaron cuatro vacas provistas de cánula ruminal y con un peso promedio de 467 ± 31 kg. El diseño fue un cuadro latino 4 X 4 con periodos de 21 días, sin embargo en este caso los forrajes ZT, ZT+M y ZEA+M provenían de otro cultivo. La comparación de las medias de tratamientos para ambos experimentos fue mediante contrastes ortogonales, comparando los siguientes tratamientos: CA) t4 vs t1, t2 y t3; CB) t1 vs t2 y t3 y CC) t2 vs t3. En el primer experimento el pH de los ensilados fue el siguiente: 3.55, 4.51, 3.94 y 4.04 para t1, t2, t3 y t4 respectivamente (CB y CC, P<0.01). El consumo total de MS fue de 13.9, 14.2, 15.5 y 14.7 kg/día (CB y CC, P<0.05); el de MS como % del peso vivo fue de 2.77, 2.83, 3.09 y 2.93 (CB y CC, P<0.05) y el de FDN también como % del peso vivo, 1.27, 1.41, 1.48 y 1.41 (CB,

P<0.01). La producción de leche corregida a 3.5 % de grasa fue de 12.7, 12.9, 13.9 y 12.2 kg/día (CA, P<0.01; CC, P<0.05), y la grasa en la leche, 3.41, 3.40, 3.59 y 3.40% (CA, P<0.05; CC, P<0.01). Los cambios de peso por día fueron 576, 338, 595 y -69 g (CA, P<0.01 y CC, P<0.05). Las digestibilidades de la MS, MO y fracciones de fibra, usando lignina como marcador, fueron mayores en los ZT y ZT+M que en el SF (P<0.01). Haciendo un balance energético para estimar el contenido de ENL (Mcal/kg), se obtuvieron valores de 1.24, 1.15, 1.29 y 0.83, para los cuatro ensilados en el mismo orden (CA, P<0.01). En el segundo experimento los ensilados contenían 27.9, 19.6, 18.8 y 40.4% de MS; 9.6, 33.9, 21.9 y 13.0% de N-NH₃ (% del N total); con un pH de 3.6, 4.7, 4.2 y 3.8 para SF, ZT, ZT+M y ZEA+M respectivamente, mostrando que en este experimento hubo una mala fermentación en el zacate Taiwán. El consumo de MS fue de 13.1, 11.0, 10.4 y 14.8 kg/día (CA y CB, P<0.01); la producción de leche de 11.5, 11.6, 11.1 y 11.8 kg/día; y la grasa en leche de 3.45, 3.43, 3.69 y 3.38% (CA, P<0.05; CC, P<0.01). La digestibilidad de la MS, usando lignina, fue de 52.6, 61.9, 57.6 y 59.6% (CB, P<0.08). La tasa de paso de los sólidos por vaciado ruminal y usando CIDA como marcador fue de 3.85, 2.58, 2.43 y 3.43 %/h (CB, P<0.05). El material soluble de los ensilados determinado in situ fue de 17.4, 13.5, 16.8 y 26.2% (CA, CB y CC, P<0.01); el insoluble después de 96 h de 47.1, 35.1, 32.0 y 43.6% (CA, P<0.05; CB, P<0.01); y la tasa de digestión de 5.46, 3.89, 4.30 y 4.61 %/h. El pH 2 h después de ofrecer el alimento fue de 6.24, 6.31, 6.26

y 6.08 (CA, $P < 0.05$). Los AGV, como proporciones molares, promediaron (tratamientos y tiempos) 63.5, 20.1 y 16.4% para experimento, los ensilados de zacate Taiwán produjeron un bajo comportamiento debido a su alto contenido de agua, mientras que el ZEA+M resultó en un mejor comportamiento al promover un mayor consumo sin que se afectara su digestibilidad marcadamente. El SF presentó una baja digestibilidad, aunque ésta parece deberse a una subestimación al usar lignina como marcador, sin embargo también presentó un alto contenido de material indigestible reflejo de su mayor lignificación.

CONTENIDO

	Pag.
RERUMEN.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
LISTA DE CUADROS.....	vii
GLOSARIO.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
Composición de un forraje.....	4
Recursos forrajeros en el trópico.....	6
Plantas forrajeras C3 y C4.....	7
Conservación de forrajes.....	8
Henificación.....	8
Ensilado.....	9
Eficiencia del proceso fermentativo.....	11
Calidad del ensilado.....	12
Pérdidas en el ensilaje.....	13
Ensilados de pastos tropicales.....	14
Manipulación de la fermentación de pastos tropicales.....	17
Uso de melaza como aditivo para en- silados de pastos tropicales.....	17
Consumo de pastos tropicales ensilados.....	18
Consumo de fibra en vacas lecheras.....	20
III. EXPERIMENTO 1. Valor de forrajes tropicales ensilados para vacas en lactación estabuladas en clima tropical.....	22
Objetivos.....	22
Material y métodos.....	22
Resultados y discusión.....	33
Conclusiones.....	45
IV. EXPERIMENTO 2. Utilización ruminal y digestión de dietas a base de forrajes tropicales ofreci- dos a libertad a vacas lactantes.....	47
Objetivos.....	47

Material y métodos.....	47
Resultados y discusión.....	54
Conclusiones.....	74
V. DISCUSION Y CONCLUSIONES GENERALES.....	76
Discusión General.....	76
Conclusiones Generales.....	78
VI. BIBLIOGRAFIA	80
APENDICE.....	90

LISTA DE CUADROS

CUADRO	Pag.
EXPERIMENTO 1.	
1. Composición química (% BS) de los forrajes ensilados y usados en la evaluación con animales intactos (experimento 1).....	24
2. Composición del concentrado utilizado en los experimentos 1 y 2 (% BS) .	27
3. Composición química de los cuatro ensilados (% BS).....	34
4. Características fermentativas de los cuatro ensilados.....	35
5. Consumo y comportamiento productivo de vacas recibiendo cuatro ensilados.....	37
6. Consumo de fracciones de fibra (BS) y humedad de la dieta de vacas recibiendo cuatro ensilados.....	38
7. Producción y composición de la leche de vacas recibiendo cuatro ensilados.....	39
8. Digestibilidad de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de dietas a base de cuatro ensilados a libre consumo (% BS).....	40
9. Digestibilidad de fracciones de fibra de dietas a base de cuatro ensilados a libre consumo (%BS)	42
10. Balance energético y estimación de la energía neta de lactación de cuatro ensilados.....	43
11. Tiempos de consumo y rumia (min por día) de vacas consumiendo cuatro ensilados.....	45
EXPERIMENTO 2.	
12. Composición química (% BS) de los forrajes ensilados y usados en el experimento 2.....	48

13.	Composición química de los ensilados usados en el experimento 2 (% BS).....	54
14.	Características fermentativas de los cuatro ensilados (% BS).....	56
15.	Consumo y comportamiento productivo de vacas recibiendo cuatro ensilados.....	58
16.	Consumo de fracciones de fibra (%BS) y humedad de la dieta de vacas recibiendo cuatro ensilados	59
17.	Producción y composición de la leche (% BS) de vacas recibiendo cuatro ensilados.....	60
18.	Digestibilidad de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de dietas a base de cuatro ensilados ofrecidas a libre consumo (% BS).....	61
19.	Digestibilidad de las fracciones de fibra de dietas a base de cuatro ensilados a libre consumo (% BS).....	62
20.	Residuos en el tiempo de la de digestibilidad <u>in situ</u> (% BS) de cuatro ensilados de zacates tropicales.....	64
21.	Parámetros de la digestión <u>in situ</u> (%BS) de cuatro ensilados de zacates tropicales..	65
22.	pH y N-NH ₃ (mg/100 ml) en el líquido ruminal obtenido a las 0,2 y 4 horas después de ofrecer el alimento, vacas recibiendo cuatro ensilados..	67
23.	Concentración total de los ácidos grasos volátiles (mmol/l), y proporciones molares (%) en el líquido ruminal a las 0, 2 y 4 horas después de ofrecer el alimento.....	69
24.	Composición química (% BS) del contenido ruminal de vacas consumiendo cuatro ensilados..	71
25.	Porcentaje acumulativo de partículas del contenido ruminal retenidas a través de una serie de cribas.....	72
26.	Tiempo de recambio y tasa de paso (kp) de dietas basadas en cuatro ensilados.....	73
27.	Tiempos de consumo y rumia (min por día) empleado por vacas consumiendo cuatro ensilados.....	74

GLOSARIO

- AGV : Acidos grasos volátiles.
- BS : Base seca.
- CIDA : Cenizas insolubles en detergente ácido.
- CNE : Carbohidratos no estructurales.
- CSA : Carbohidratos solubles en agua.
- CV : Consumo voluntario.
- EN1 : Energía neta de lactación.
- FC : Fibra cruda.
- FDA : Fibra detergente ácido.
- FDN : Fibra detergente neutro.
- LCG : Leche corregida a grasa.
- MO : Materia orgánica.
- MS : Materia seca.
- PC : Proteína cruda.
- PV : Peso vivo.
- SNG : Sólidos no grasos.
- ST : Sólidos totales.
- TDN : Total de Nutrientos Digestibles.

I. INTRODUCCION

Las zonas tropicales del mundo son aquellas comprendidas entre los trópicos de Cáncer y Capricornio donde grandes cantidades de radiación solar llegan a través del año. En estas regiones se han adaptado gramíneas de alta eficiencia fotosintética y capaces de producir grandes cantidades de biomasa en un periodo corto de tiempo. Gracias a esta situación, estas zonas tienen un gran potencial para la producción de las especies rumiantes, siendo éstas las mejor adaptadas para aprovechar los forrajes producidos con ayuda de su flora ruminal. Además el rumiante tiene la ventaja de no necesitar en su dieta alimentos que compiten con aquellos usados en la alimentación humana. En los trópicos se encuentra la mayor proporción de bovinos del planeta, por consiguiente su explotación racional es una buena alternativa para hacer uso eficiente de estas zonas e incrementar la producción de proteína de origen animal en sus diferentes formas; es decir tanto de leche como de carne, y así enfrentar la creciente demanda por estos productos.

En el trópico de México se tiene un 36% de su superficie de agostaderos donde se encuentra la mayor parte de la ganadería del país, alojando al 42% del total de los bovinos, (Menocal y Dávalos, 1990). La producción bovina en estas zonas corresponde mayoritariamente al sistema denominado de "doble propósito" donde se mantienen los animales bajo condiciones de pastoreo y se ordeña estacionalmente a las vacas. En estas zonas las praderas

de gramas nativas están siendo sustituidas paulatinamente por especies mejoradas de altos rendimientos por hectárea. Entre estas plantas forrajeras está el zacate estrella de Africa (Cynodon plectostachyus), el sorgo forrajero (Sorghum bicolor sudanense) y el pasto Taiwán (Pennisetum purpureum, Schum, cv. Taiwán). Estas especies están ampliamente difundidas por su tolerancia al pastoreo en el caso del estrella de Africa, o porque pueden aprovecharse como forrajes de corte para ensilar en el caso del zacate Taiwán y sorgo forrajero.

En estas regiones se requiere conservar forraje de buena calidad con la finalidad de evitar las fluctuaciones en la producción de leche y carne comúnmente observadas en épocas de escasez y abundancia de pastos. El proceso de ensilaje es una alternativa a esta problemática, sin embargo la mayoría de las gramíneas tropicales presentan limitantes debido a su bajo contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) o de materia seca (MS) al momento de madurez óptima, lo cual dificulta la obtención de un buen ensilado.

Otra limitante importante es el bajo consumo voluntario que se obtiene con estas especies. Aunque las gramíneas tropicales mejoradas presentan excelentes rendimientos de materia seca por hectárea, éstas generalmente presentan un bajo contenido de proteína cruda y una alta fibrosidad que ocasionan un bajo consumo, dado que la fibra desaparece lentamente del rumen (Mertens, 1982).

Con base en lo discutido previamente, es importante evaluar el valor nutritivo de las principales forrajeras presentes en estas zonas cuando se conservan ensiladas y se ofrecen a vacas lactantes, así como estudiar las formas de mejorar la calidad de los ensilados obtenidos con estos pastos, para la cual se planteó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el potencial de producción de leche, utilización ruminal y digestión de pastos tropicales ensilados ofrecidos a vacas en lactación.

II. REVISION DE LA LITERATURA

COMPOSICION DE UN FORRAJE

Se ha definido como forraje aquel material de origen vegetal generalmente de la parte aérea de la planta y que contiene más de 18 % de fibra cruda (FC) en base seca (BS) (Van Soest, 1982). Estos son generalmente voluminosos y de mediana a baja digestibilidad, dependiendo ambas características del grado de fibrosidad presente. El forraje ha sido dividido en el material presente en la estructura física que da sostén a la planta y que corresponde a las paredes celulares y el material contenido en el interior de dichas paredes, o contenido celular (Van Soest, 1982).

Por la disponibilidad digestiva, las diversas fracciones de los forrajes y alimentos en general, se han clasificado en: a) sustancias disponibles a enzimas de mamíferos, b) sustancias no disponibles a enzimas de mamíferos, pero que son degradadas por enzimas producidas por los microorganismos gastrointestinales y c) sustancias no disponibles a enzimas de mamíferos y poco o nada disponibles para la flora gastrointestinal. A todas las sustancias no disponibles a las enzimas de los mamíferos se les ha definido como fibra de la dieta (Trowell, 1978; citado por Van Soest y Robertson, 1985).

Con base en lo anterior y para evitar la subestimación del contenido de fibra que se observa con la determinación

tradicional de FC, desde el año de 1963, Van Soest propuso una metodología conocida como el "sistema detergente" que reconoce los factores físicos y químicos que influyen la disponibilidad de las fracciones de los forrajes y que agrupa a las que poseen factores comunes (Van Soest, 1982). El método usa dos soluciones que contienen detergentes; la primera mantiene el pH neutro mediante el uso de un amortiguador y utiliza sulfato de lauril sódico para disolver el contenido celular y a la pectina, dejando como residuo a la pared celular. Este residuo se conoce como fibra detergente neutro (FDN) y representa a la matriz insoluble de la pared celular que se compone químicamente de celulosa, hemicelulosa, lignina y cutina; aunque comprende también a las proteínas unidas a la lignina. La unión entre estos componentes puede ser por uniones covalentes, o bien por puentes de hidrógeno u otras interacciones moleculares, que las hacen muy resistentes al rompimiento enzimático (Van Soest y Robertson, 1985). La segunda solución contiene bromuro de cetiltrimetilamonio y se mantiene a un pH ácido mediante una concentración baja de ácido sulfúrico. Esta solución disuelve a la hemicelulosa, además del contenido celular y a la pectina, y deja como residuo la celulosa, la lignina, la cutina y algunos minerales (particularmente sílice). El material insoluble digestible resultante se denomina fibra detergente ácido (FDA) ó lignocelulosa (Van Soest, 1982).

En comparación a este sistema, el análisis de FC no recupera todas las fracciones indigestibles, ni todo el material

fibroso, ya que en los elementos libres de nitrógeno se incluye toda la hemicelulosa y una parte considerable de celulosa y lignina, que se aprovechan en forma variable por el rumiante (Van Soest, 1967).

RECURSOS FORRAJEROS EN EL TROPICO

Las diversas fuentes de forraje para el ganado se pueden agrupar en: el pastizal nativo, las praderas introducidas de temporal o riego, los cultivos forrajeros para corte y los subproductos agrícolas e industriales altos en fibra. Las formas físicas en que se ofrecen los forrajes es muy variada, encontrando desde forrajes verdes, henos, pajas, rastrojos y ensilados y en diversas formas de presentación, tales como picados, molidos o aglomerados.

En el trópico mexicano existe una relación entre praderas introducidas y pastizal natural que es alrededor de 40:60, siendo el pasto estrella la especie introducida más difundida en la región (Jiménez, 1989). Entre las especies de corte recién introducidas, destacan por su productividad las del género Pennisetum spp., como es el zacate Taiwán (Pennisetum purpureum, Schum, cv. Taiwán). Estos forrajes son perennes y conservan su valor nutritivo por mayor tiempo después de alcanzar su punto óptimo de calidad, lo que constituye una ventaja sobre otros cultivos de corte tradicionales como el sorgo (Sorghum bicolor sudanense) y el maíz forrajero (Zea mays) (Ortega, 1986). El sorgo forrajero es un híbrido que se desarrolla bien en áreas con

precipitaciones insuficientes para el cultivo del maíz (Ramírez, 1986). Aunque el zacate estrella de Africa (Cynodon dactyloides) se aprovecha generalmente en forma de pastoreo, es posible conservarlo como ensilado por su alta producción y contenido de MS (Luis y Ramírez, 1985).

PLANTAS FORRAJERAS C3 Y C4

Como especies predominantes para la alimentación del ganado están las gramíneas y las leguminosas. Se conocen como plantas C3 a las gramíneas de las áreas templadas y a las leguminosas tanto de las regiones templadas como de las tropicales; mientras que las gramíneas de clima tropical constituyen las plantas C4 (Mannetje, 1983). Fisiológicamente, estas plantas tienen como primer producto estable de la fotosíntesis un compuesto de 3 y 4 carbonos, el 3-fosfoglicerato y el oxaloacetato (C3 y C4) respectivamente (Andreo y Vallejos, 1984; Van Soest, 1982).

La diferencia en el proceso fotosintético de estas plantas radica en la asimilación del CO₂, debido a una modificación anatómica y bioquímica de sus hojas. La hoja de la planta C4 tiene los vasos rodeados por dos capas concéntricas de tejido fotosintético, la vaina vascular y el mesófilo (de acuerdo a la anatomía tipo Kranz); mientras que la planta C3, posee únicamente el mesófilo distribuido en toda la hoja como tejido fotosintético (Andreo y Vallejos, 1984), lo que determina una mayor eficiencia fotosintética en las plantas C4. Según Van Soest (1982), las

plantas C3 poseen más células mesófilas que se caracterizan por ser no lignificadas, determinando en gran parte la mejor calidad de estos forrajes.

CONSERVACION DE FORRAJES

Generalmente se practican dos métodos para conservar los forrajes, en forma de heno y como ensilado; y cuyo principal objetivo es disponer de alimento en épocas de escasez. Con éstas prácticas se trata de optimizar la conservación de materia seca y nutrimentos digeribles. También la deshidratación seguida del molido del forraje para realizar empastillados o pellets, es una alternativa para conservar forrajes de alta calidad como la alfalfa (Medicago sativa) (Moser, 1980), pero este método resulta caro por el gasto implicado de energía e inversión en maquinaria.

HENIFICACION

La estrategia en la práctica de henificar, consiste en secar el forraje al sol hasta que contenga menos del 20% de humedad, y de esta forma evitar la acción de levaduras, mohos, bacterias, proteasas de plantas y reacciones químicas que ocasionen colores oscuros (Pitt y Shaver, 1990; citado por Shaver, 1990). En la elaboración de heno se debe considerar y prevenir, hasta donde sea posible, las siguientes pérdidas: en el campo por cosecha, respiración de las plantas, daño por lluvia y manejo del forraje; por almacenaje, dadas por la forma en que se guarda el heno (pacas, montones u otra forma); por el contenido

de humedad del forraje; por calentamiento en heno húmedo (reacciones de Maillard) y pérdidas causadas por hongos en presencia de humedad y aire (Moser, 1980). Esta práctica es una alternativa de viabilidad limitada en el trópico debido a que son pocas las especies forrajeras tropicales que se pueden conservar de esta forma.

ENSILADO

El ensilado es el producto resultante de conservar un forraje en anaerobiosis en un medio ácido. La acidificación del medio es originada por la síntesis de ácidos orgánicos a través de la fermentación bacteriana, o por la adición de ácidos al momento de ensilar (Woolford, 1984; McCullough, 1973).

En el proceso de ensilaje por fermentación se distinguen cinco fases que indican los principales cambios químicos y microbiológicos. En la primera (fase aeróbica), la planta aún continúa respirando y las células toman el oxígeno del aire de su alrededor para producir dióxido de carbono y calor, ocurriendo de esta forma pérdidas de MS. Las bacterias aeróbicas presentes en el material ensilado comienzan la degradación rápidamente; el consumo total del O₂ tiene lugar en unas 8 a 13 h (Shaver, 1990). La cantidad de O₂ atrapado en la masa forrajera al inicio del proceso, depende del grado de compactación, contenido de fibra, humedad del forraje, velocidad del llenado del silo y del tamaño de la partícula. La respiración celular causa una elevación inicial de la temperatura en el material en proceso, y

si ésta se mantiene en el rango de 27 a 38°C las condiciones serán adecuadas para la producción posterior de ácido láctico por los microorganismos anaeróbicos (Shaver, 1990).

Durante la segunda fase (llamada de "adaptación") ocurre la producción de los principales ácidos grasos volátiles (AGV) por acción de los clostridios anaeróbicos. En ensilajes con menos de 70% de humedad se produce principalmente ácido acético, mientras que si la humedad es mayor a ésta, se produce mayoritariamente ácido butírico. En la fase 3 (fase de fermentación) las bacterias productoras de láctico comienzan a dominar el proceso de fermentación y el pH desciende de 6.6 a 5.6. Las fases 2 y 3 se encuentran generalmente en el día 3. Durante la fase 4, el pH del ensilado desciende aún más, hasta 3.8 a 4.2 por la producción de ácido láctico. Esta fase dura alrededor de dos semanas, la temperatura de la masa forrajera declina hasta 27 a 29°C, las bacterias detienen su acción y el ensilado se estabiliza. Cuando la producción de láctico es suficiente la fase cinco (estable) se caracteriza por una constancia en la composición del ensilado.

Cuando la concentración de carbohidratos solubles en agua (CSA) en el material a ensilar es bajo, como en el caso de la alfalfa la producción insuficiente de ácido láctico es convertida en ácido butírico por los clostridios y su actividad también se extiende a la degradación de las proteínas y aminoácidos, dando origen a la producción de amoníaco. También puede darse una refermentación en el ensilaje cuando ingresa aire

o agua, ocasionando que el forraje se caliente nuevamente a consecuencia del desarrollo de microbios invasores, Estos microorganismos consumen tanto los glúcidos como el ácido láctico, para producir butírico, dando lugar a la descomposición de las proteínas en $N-NH_3$ y al crecimiento de hongos (Glewen y Joung, 1982).

EFICIENCIA DEL PROCESO FERMENTATIVO

La fermentación eficiente del ensilado se refleja en las proporciones de los principales AGV, acético, propiónico y butírico resultantes de dicho proceso y de ácido láctico. Así, Woolford (1984), manifiesta que la eficiencia es alta cuando existe una mayor relación de ácido láctico con respecto al butírico. La concentración de láctico depende de la presencia de una cantidad adecuada de glúcidos, que permitan obtener una fermentación suficientemente ácida, que supere la capacidad amortiguadora del forraje (Van Soest, 1982). La capacidad amortiguadora está dada por las sales inorgánicas (K, Ca), las proteínas y los aminoácidos y se define como la cantidad de miliequivalentes de álcali requeridos para incrementar el pH de un kg de MS del forraje de 4.0 a 6.0 (Playne y McDonald, 1966; citado por Woolford, 1984). McCullough (1977) indica que para obtener una formación adecuada de ácido láctico en los forrajes ensilados, éstos deben reunir las siguientes características: contener un 6 a 8% de carbohidratos solubles en agua (CSA), una elevada población de lactobacilos, una humedad entre el 66 a 72%

y el establecimiento de las condiciones anaeróbicas mediante una buena compactación.

Existen dos rutas metabólicas principales mediante las cuales los glúcidos fermentables se convierten a láctico. La fermentación homoláctica, donde una molécula de glucosa se convierte en dos moléculas de láctico; y la fermentación heteroláctica que produce ácido láctico, etanol y CO₂ por cada unidad de glucosa fermentada (McCullough, 1977). En algunos forrajes con niveles elevados de estos glúcidos, como es el caso de la caña de azúcar (14 a 18%), puede dominar la fermentación por levaduras (Saccharomyces spp.) hacia la producción de alcohol (Shimada, 1990).

CALIDAD DEL ENSILADO

El uso del criterio organoléptico para estimar la calidad del ensilado (color, olor, textura), aunque es subjetiva, resulta ser una forma de evaluación práctica. Su calidad también puede reflejarse a través del valor del pH y del contenido de MS (Van Soest, 1982). Además, Woolford (1984), considera que el producto es de buena calidad cuando contiene una alta proporción de los ácidos láctico y acético sobre la del ácido butírico, debiéndose también considerar el nitrógeno amoniacal (N-NH₃), como porcentaje del nitrógeno total (NT) y el pH. Shimada y col. (1986), manifiestan que la composición ideal del ensilado es la siguiente: MS, 35%, pH, entre 3.8 y 4.3, ácido láctico más del 3%, ácido butírico menos del 1% y N-NH₃ menos del 15 % del NT.

PERDIDAS EN EL ENSILAJE

La respiración de la planta y la fermentación normal ocasionan pérdidas del material forrajero que resultan inevitables, mientras que las mermas por cosecha, crecimiento de mohos, putrefacción, calentamiento y filtración, pueden evitarse mediante un buen manejo. En condiciones ambientales desfavorables y en periodos prolongados de marchitamiento (8 días), resultan pérdidas sustanciales de MS, particularmente de azúcares y proteínas, alcanzando éstas un 10% o más (Woolford, 1984). En condiciones tropicales la alta temperatura ambiente, sumada al calor generado por la respiración al iniciarse el proceso de ensilaje, probablemente contribuyen al deterioro de la proteína. Son prueba de estas pérdidas de proteína, la baja digestibilidad del N in vivo del ensilado de pasto elefante, así como la disminución de la digestibilidad del ensilado en comparación del forraje verde (Wilkinson, 1983).

La cantidad del efluente producido en el ensilaje y las pérdidas de los principios nutritivos a través de éste, son proporcionales al contenido de humedad en el forraje, aunque también depende de otros factores como son: el tamaño de la partícula, el uso de aditivos, la presencia excesiva de aire, la fertilización, el tipo de cultivo empleado y la compactación del material ensilado (Woolford, 1984; Moser, 1980). La consolidación y cantidad de efluente producido dependen de la presión aplicada sobre la masa forrajera (Kirch et al. 1955;

citado por Woolford, 1984). Wilkinson (1983) señala que el uso de silos de trinchera está relacionado con mayores pérdidas de MS que los silos de torre y parva (ensilados en bolsas de polietileno tubular). Aunque las pérdidas por filtraciones de agua suelen ser elevadas en silos tipo vertical (Moser, 1980).

ENSILADOS DE PASTOS TROPICALES

Las gramíneas más ensiladas en las regiones tropicales son las del género Pennisetum spp.. Estas y la mayoría de las plantas forrajeras de esta zona, se caracterizan por tener bajos niveles de carbohidratos no estructurales (CNE), originando ensilados de tipo no láctico y con un pH y N-NH₃ elevados. Considerando la edad adecuada de la planta al momento de ser ensilada, Wilkinson (1983), manifiesta que el zacate elefante (Pennisetum purpureum) tiene bajos niveles de CNE cuando se cortan antes de los 80 días. Según Domínguez y col. (1982), hay una buena fermentación y se reducen las pérdidas por N-NH₃ en el zacate king grass (Pennisetum purpureum x Pennisetum phaseoloides) cuando se ensila a los 60 días de edad. Bores, Rivas y Castellanos (1986), trabajando en microensilajes de pasto Taiwán cortado a los 120 días de edad, concluyen que este pasto es susceptible de ser ensilado sin aditivos, obteniéndose un ensilaje de buena calidad. Sin embargo, Tosi (1983), ensilando zacate Taiwán a los 55 días de rebrote y con 13% de MS, encuentra buenos ensilados, aunque con elevados niveles de N-NH₃. Ortega (1986), recomienda que estos pastos deben ser cortados para ensilar cuando contengan un 25% de MS, lo cual ocurre entre los 90 y 135 días de edad.

Esperance (1986), señala que la mejor edad para ensilar el pasto bermuda (Cynodon dactylon) y pangola (Digitaria decumbens) está entre los 40 y 56 días de edad. Schave y col. (1981), ensilando diferentes partes de la planta del sorgo forrajero, desde los 35 hasta 189 días después de la siembra, encuentra que a los 77 días se dan las menores pérdidas de la MS. Por otro lado, Vega y Esperance (1984) señalan que la mejor edad para ensilar el sorgo está entre los 42 y 56 días de edad, mientras que Dodds y col. (1985), indican que el sorgo forrajero para ensilar se debe cosechar a media etapa del endurecimiento de la masa del grano o cuando el forraje tenga un 70% de humedad. Esta planta forrajera por su alto contenido de CSA presenta una fermentación eficiente, dependiendo su calidad final de la tecnología de fabricación del ensilado (Vega y Esperance, 1984).

Como en los pastos tropicales generalmente hay un bajo contenido de MS, este factor se constituye en una limitante en el proceso fermentativo de los ensilados (Gross, 1969; McCollough, 1973 y Woolford, 1984). Así, cuando la humedad es excesiva, se favorece el crecimiento de bacterias indeseables productoras de ácido butírico y N-NH₃, generalmente clostridios, que no se controlan con la acidez del medio (Woolford, 1984; Luis y Ramírez, 1988; Tosi y col., 1983). Esperance y Díaz (1985), ensilando los zacates estrella de Africa y guinea (Panicum maximum) de 60 días de edad, y king grass de 80 días, encuentran parámetros adecuados de fermentación, en pastos que contenían

28, 25 y 21 % de MS respectivamente. Además Tosi y col. (1983), manifiestan que se deben considerar la precocidad al corte y el poder amortiguador en el ensilaje de los pastos tropicales.

Analizando el curso y el tipo de fermentación en el ensilado de Pennisetum purpureum CRA-265, con 19.4% de MS, Luis y Ramírez (1988), encontraron predominancia del ácido láctico hasta el día 60. Después este ácido se degrada, se eleva el pH, y aparecen las bacterias entéricas que producen ácido acético. Aguilera (1975), trabajando con zacate elefante encuentra dos estadios fermentativos: el primario ó láctico que ocurre en los primeros 30 días y el secundario entre los 30 a 90 días, en el que baja el ácido láctico y se incrementan los ácidos acético, butírico y el N-NH₃, y señala que la fermentación en este zacate es de tipo acético. Sin embargo Luis y Ramírez (1985) al estudiar ensilajes de zacate estrella jamaiquino (Cynodon dlemfluensis) de 42 días de rebrote y con 32% de MS, encuentra a partir del día 10 una dominancia de las levaduras productoras de ácido acético. Se sugiere la presencia de dos tipos de levaduras, las provenientes del suelo, que consumen primero a los CSA presentes en el material a ensilar, y otras que están sobre la planta, y que utilizan los lactatos como fuente de energía (Luis y Ramírez, 1985). Comparando la eficiencia del proceso fermentativo del zacate king grass en silos de laboratorio (200 g) y en silos piloto (80 kg), Luis y Ramírez (1989) manifiestan que los dos ensilados fueron estables. Sin embargo, en los silos de laboratorio hubieron mayores valores de pH, ácido butírico,

ácido acético y N-NH₃.

MANIPULACION DE LA FERMENTACION DE PASTOS TROPICALES

Para lograr un contenido adecuado de MS en los ensilados de pastos tropicales (34 a 38%), se ha recurrido a la práctica del marchitado al sol (Wilkinson, 1983; Tosiy y col., 1983), lo cual evita las fermentaciones indeseables y disminuye las pérdidas por escurrimiento de nutrimentos solubles (Moser, 1980). Los marchitamientos que conlleven una excesiva desecación, pueden no fermentar adecuadamente y resultar en una oxidación excesiva del material conservado (Woolford, 1984). Así, un forraje con 50% de humedad al ensilar con 50% de humedad y en presencia de oxígeno, es susceptible de calentarse y enmohecerse (Moser, 1980).

Para resolver el bajo contenido de CNE en los pastos tropicales se pueden agregar enzimas de acción rápida, e incrementarlos por desdoblamiento de los carbohidratos complejos como el almidón, la celulosa y la hemicelulosa. Otra posibilidad es la adición de melaza u otra fuente de carbohidratos fácilmente disponibles al momento de ensilar (McCullough, 1977).

USO DE MELAZA COMO ADITIVO PARA ENSILADOS DE PASTOS TROPICALES

La melaza tiene una alta disponibilidad en las áreas tropicales donde se explota la caña de azúcar y su uso como aditivo al momento de ensilar ha sido bastante estudiado

(Woolford, 1984). Este producto es usado con el fin de aumentar la cantidad de carbohidratos fermentables, lo cual es muy útil para gramíneas y leguminosas que contienen humedades del orden de 75 a 80% (Dodds y col., 1985). Rydin y col., 1956; citado por Woolford, 1984), señalan que los mono y disacáridos son fácilmente utilizados por las bacterias lácticas, mientras que los polisacáridos solo lo son parcialmente. En general, con la adición de azúcares se logra una acidificación rápida y la eliminación temprana de las bacterias coliformes, mientras que no se ha observado diferencia en el desarrollo de las bacterias proteolíticas (Woolford, 1984).

Ortiz (1988), estudiando el comportamiento de microensilajes de pasto king grass adicionados con melaza (0 y 5%), encuentra una mayor concentración de láctico y menor de acético al usar este producto. De la misma manera Domínguez y col. (1982), encontraron más ácido láctico en éste mismo zacate cuando emplearon niveles de 1 ó 2% de melaza, en comparación de un testigo. Sin embargo Tosi y col., (1983), ensilando zacate taiwán con 4% de melaza, encuentra pocas modificaciones en los parámetros químicos y manifiestan que esto se debió al alto contenido de CSA que presentó el pasto utilizado.

CONSUMO DE PASTOS TROPICALES ENSILADOS

El consumo de MS de los ensilados muchas veces ha sido menor al del heno o al de forraje fresco del mismo cultivo

(Woolford, 1984 y Shaver y col., 1985). Waldo (1980), señala que el consumo baja hasta 61-70 %, mientras que Esperance (1986) encuentra una disminución del 25 % con ensilados de pastos tropicales en relación a su cultivo original. El consumo de los ensilados es más dependiente del tipo de fermentación obtenido y se deprime cuando los parámetros de fermentación son inadecuados (McCullough, 1977; Forbes, 1986; Shimada y col., 1986), y cuando hay bajos niveles de MS (Forbes, 1986; Shaver y col. 1985). La depresión en el consumo al dar alimentos fermentados altos en

humedad, ha sido relacionado a la presencia de ácidos orgánicos, aminas y nitrógeno amoniacal (NRC, 1989), mientras que Allison (1985), manifiesta que la alta humedad desempeña un papel secundario frente al ejercido por la presencia de los ácidos orgánicos. Sin embargo en los ensilados de alfalfa y maíz se logran mayores consumos con un pH de 5 a 6, cuando reciben tratamientos con bicarbonato de sodio (NaHCO_3).

Se ha encontrado un mejor consumo en los ensilados de pastos tropicales, cuando estos contienen buenos niveles de proteína cruda (PC) (Esperance y Díaz, 1985; y Esperance, 1986); mientras que niveles bajos lo afectan (Forbes, 1986). María Da Cruz (1987), al evaluar el ensilado de pasto elefante, encuentra consumos de 63 g de MS/kg de peso metabólico, en vacas (Holstein x Cebú) que recibieron 3.57 kg de TND (1.15 kg PC) y produjeron 10.2 kg de leche/día. Un tamaño adecuado de partícula aumenta el consumo de los ensilados y se mejora más cuando se preseca y

aumenta aún más cuando se agregan aditivos como melaza o ácido fórmico al ensilar (Hinds y col., 1985; Ojeda, 1988).

CONSUMO DE FIBRA EN VACAS LECHERAS

En la alimentación de la vaca lechera es necesario incluir material fibroso en la dieta para asegurar un consumo elevado de MS que le permita obtener la mayor cantidad de energía, una buena función del rumen (Van Soest, 1986; Van Soest y Mertens, 1984) y un nivel elevado de grasa en la leche (Anderson, 1985; Van Soest, 1986). La función de la fibra en la vaca lechera está asociada con una adecuada rumia, lo cual resulta en la producción de saliva amortiguadora y a su vez con una buena digestión de la misma fibra al mantener una buena actividad por los microorganismos celulolíticos (Van Soest y Mertens, 1984). El tiempo de rumia es directamente proporcional al consumo de FDN (Welch, 1982; Bartley, 1976; citado por Van Soest y Mertens, 1984). Esto permite suponer que los requerimientos de fibra están mejor expresados por FDN que como FDA o FC (Mertens, 1983; Van Soest y Mertens, 1984).

La FDN de un forraje representa el 100 % de la fibra de éste (Van Soest, 1982), por lo que ha sido propuesto recientemente para determinar el nivel óptimo de consumo fibra, debido a que está correlacionado tanto con el consumo voluntario (CV) como con la digestibilidad de la FDN (Mertens, 1982; Kawas, 1984), aunque con esta última la relación es negativa; es decir a

mayor nivel de FDN en la dieta, menor digestibilidad.

El nivel de FDN en la ración esta relacionado con su densidad energética y también establecido que la densidad energética a su vez se relaciona con el CV (Conrad, 1966). Mertens (1985) propuso un modelo en el cual considera la relación que hay entre la capacidad física del animal, sus requerimientos nutricionales, la densidad energética de la dieta y el contenido de FDN. De acuerdo con este modelo, al nivel óptimo de FDN el consumo de MS y de energía neta sería máximo, optimizándose el uso de la ración y la producción de leche. Una estimación práctica del requerimiento de FDN propuesta por Van Soest y Mertens (1984) es del 25 % del consumo de MS más un 0.4 % del peso corporal.

III. EXPERIMENTO I

VALOR DE FORRAJES TROPICALES ENSILADOS PARA VACAS EN LACTACION ESTABULADAS EN CLIMA TROPICAL

OBJETIVOS

Los objetivos de este experimento fueron:

1. Evaluar el potencial de producción de leche de cuatro ensilados de forrajes tropicales al ser ofrecidos a vacas lecheras en clima tropical.
2. Evaluar el efecto de la adición de melaza al momento de ensilar el zacate Taiwán en términos de la calidad fermentativa y comportamiento animal.
3. Estimar el consumo voluntario y la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y fracciones de fibra de dietas basadas en estos ensilados.
4. Estimar el valor energético de los cuatro ensilados en estudio.
5. Comparar el uso de las cenizas insolubles en detergente ácido (CIDA) vs lignina como marcadores internos para la determinación de digestibilidad.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en las siguientes instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de la SARH: en el Centro Experimental "La Posta",

en Paso del Toro, Veracruz, y en los laboratorios de Nutrición de Palo Alto en México, D.F. y Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal en Ajuchitlán Querétaro. El trabajo de campo tuvo lugar en el primer centro ubicado en el kilómetro 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba, en una zona con clima Awo (Tropical subhúmedo con lluvias en verano), con una precipitación anual de 1200 a 1589 mm, temperatura media anual de 26°C y una humedad relativa promedio de 80 % (García, 1973). En la duración (meses de febrero, marzo y abril) del experimento hubo una precipitación de 64.4 mm, una temperatura media de 25.2°C y una humedad relativa promedio de 85%. La conducción del trabajo en su fase de campo involucró el proceso de ensilaje de los forrajes y su evaluación alimenticia en vacas lecheras, mientras que la fase de análisis de laboratorio se llevó a cabo en los centros antes mencionados.

Características agronómicas de los forrajes

El sorgo forrajero fue una variedad híbrida (Sorghum bicolor sudanense) proveniente del primer corte de un cultivo de temporal. Recibió una fertilización de 56 kg de N y 66 kg de superfosfato triple (46% P)/ha; se cortó a los 120 días de edad y contenía un 24.8 % de CNE (Cuadro 1). El zacate elefante (Pennisetum purpureum, Schum, cv. Taiwán) usado provino de un cultivo de seis años de establecido, producido bajo condiciones de temporal y que fue fertilizado con 84 kg de nitrógeno/ha después del corte de igualación. Se cosechó a los 115 días posteriores a dicho corte y sus CNE fueron 11.9%. El zacate estrella de Africa

(*Cynodon plectostachyus*) empleado fue cosechado 63 días después de haber realizado un corte de igualación a una plantación de 12 años de edad, no tuvo riego y presentó un 5.9 % de CNE. El análisis de los CNE de los forrajes se realizó en muestras tomadas en el momento de ensilar. A cada muestra se le determinó: MS, secando el material en una estufa de aire forzado a 55°C durante 48 horas; FDN y cenizas totales como lo indican Van Soest y Robertson (1985); PC (NT x 6.25) y grasa cruda como lo indica Tejada (1985).

CUADRO 1. COMPOSICION QUIMICA (%BS) DE LOS FORRAJES ENSILADOS Y USADOS EN LA EVALUACION CON ANIMALES INTACTOS (Exp.1).

	SORGO	TAIWAN	ESTRELLA
MATERIA SECA	28.54	29.8	37.74
PROTEINA CRUDA	6.45	5.74	8.51
GRASA CRUDA	1.42	1.47	1.33
FDN 1	60.96	69.07	75.44
CENIZAS	6.37	11.79	8.81
CNE 2	24.80	11.93	5.91

1) FDN: Fibra detergente neutro.

2) CNE: Carbohidratos no estructurales determinados mediante la fórmula, $100 - (\text{FDN} + \text{PROTEINA} + \text{GRASA} + \text{CENIZAS})$, propuesta por Nocek (1988); citado por Van Soest (1989).

Tratamientos

Los tratamientos fueron los siguientes ensilados:

- 1) sorgo forrajero (SF).
- 2) zacate Taiwán (ZT).
- 3) zacate Taiwán más 5 % de melaza (ZT+M).
- 4) zacate estrella de Africa más 5% de melaza (ZEA+M).

Proceso de ensilado

El zacate Taiwán se cortó en forma manual y fue picado con ayuda de maquinaria. El zacate estrella y el sorgo se cosecharon con una cosechadora-picadora. En el picado del zacate Taiwán (4-6 cm) y en la cosecha del sorgo (2-3 cm) se logró un tamaño de partícula adecuado, mientras que en el zacate estrella la máquina cortó pedazos de forraje muy grandes, sobre todo de sus estolones (más de 10 cm de largo). El material forrajero se colocó en silos tipo trinchera y fue apisonado con tractor en capas de 15 a 20 cm. En los tratamientos con el aditivo melaza, ésta se agregó entre las capas en forma manual, diluido en dos volúmenes de agua para facilitar su distribución. Posteriormente el forraje se tapó con una sábana de polietileno y sobre ella una capa de tierra de 10 a 15 cm. A los 30 días del proceso se comenzó a utilizar el ensilado.

En cada periodo de la prueba, éstos se muestrearon para su análisis posterior. Los análisis realizados fueron: de humedad, mediante la técnica de destilación con arrastre por tolueno de Brahamakshatriya y Donker (1971); pH, con la ayuda de un potenci-

ómetro; NT como en los análisis anteriores; nitrógeno amoniacal (N-NH₃) mediante las indicaciones de Tejada (1985) y la preparación de las muestras para la determinación de AGV y ácido láctico, fue siguiendo las instrucciones que presenta Tejada (1985) para su lectura en cromatografía de gases-líquido.

Diseño experimental

Se usaron ocho vacas en un diseño en cuadro latino 4 x 4 repetido, con periodos de 21 días, divididos en 11 días de adaptación y 10 para mediciones. Seis de estas vacas eran encastadas con Holstein (3/4 ó más) y dos encastadas de Suizo Pardo (3/4 ó más), con 70±18 días en lactación, peso promedio inicial de 479.2±30 kg y una condición corporal de 2.63 de acuerdo a la escala de Virginia de 1 a 5 propuesta por Wildman y col. (1982). El número de lactaciones de las vacas fueron, dos de segunda, una de tercera, dos de cuarta y tres de sexta lactancia y con un promedio de producción de la anterior lactancia de 9.15 kg/día. Los cuatro tratamientos consistieron en ofrecer a libertad los ensilados en estudio. A todos los animales se les suplementó con 5.46 kg (BS) de un concentrado en forma fija, con un contenido de 18% de PC y 1.7 Mcal. de EN1/kg (Cuadro 2).

Manejo y alimentación

Los animales se alojaron en corrales con techo, piso de concreto, cama de arena y bebederos y permanecieron atados con collarines en bretes provistos de comederos para permitir un

consumo individual. Eran movilizados durante las dos ordeñas o cuando se requería pesarlos. Al inicio del experimento los animales recibieron vitaminas A, D y E, inyectadas en una dosis que permitió su acumulación por la duración de la prueba, y fueron desparasitados contra ectoparásitos. El suministro del concentrado y del ensilado fue en comidas proporcionales cada seis horas y el criterio en el caso del ensilado fue ofrecerlo a voluntad aceptando un 10% de rechazo. Para conservar los ensilados en las mejores condiciones hasta la hora del consumo, después de ensacados y pesados por las mañanas, se guardó en bolsas impermeables de polietileno.

CUADRO 2. COMPOSICION DEL CONCENTRADO UTILIZADO EN LOS EXPERIMENTOS 1 Y 2 (% B.S).

INGREDIENTES	Kg	PC(%)	EN1 (Mcal/kg)
SOYA	22.0	9.70	0.39
SORGO	64.5	5.00	1.16
MELAZA	10.0	0.50	0.15
UREA	1.0	2.80	
ORTOFOSFATO	0.5		
SAL MINERAL	1.0		
SAL COMUN	1.0		
ANALISIS CALCULADO: PC: ¹ 18%			
EN1: ² 1.70 Mcal/kg			

1 PC: Proteína cruda; 2 EN1: Energía neta de lactación.

Toma de muestras y colección de información

Durante todo el experimento se registró el consumo, pero para la medición del CV de los ensilados (kg/día) se consideraron los consumos del periodo de mediciones (días 12 al 21) cuando los animales estaban ya acostumbrados a su dieta. Se calculó también el consumo total y el consumo de FDN. Para la determinación de la digestibilidad de MS, materia orgánica (MO), fracciones de fibra (FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa) en los días 15 al 21 de cada periodo, se tomaron muestras del ensilado ofrecido, del concentrado y del rechazo. Las muestras del ensilado se pusieron en bolsas impermeables de polietileno, se almacenaron en congelación y el manejo en la preparación para su análisis se realizó en un cuarto frío. En los mismos días para el cálculo de estas digestibilidades, se tomaron muestras de heces cada seis horas directamente del recto con guantes de palpación rectal y se conjuntaron para secarse diariamente. Se usaron como marcadores internos a la lignina y a las cenizas insolubles en detergente ácido (CIDA).

Para el análisis de estas muestras al final de cada periodo, se conjuntó el muestreo de los siete días para analizarse como una sola. Se secaron como en casos anteriores y se molieron en un molino Wiley con criba de 2 mm. La lignina (determinada por el método secuencial, lignina Klason seguido de lignina permanganato) y las demás fracciones de fibra se realizaron por las metodologías propuestas por Van Soest y Robertson (1985). La determinación de CIDA se hizo también por el

método secuencial incinerando el residuo obtenido después de aplicar permanganato en la determinación de lignina (Van Soest y Robertson, 1985).

Para el cálculo de los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS y de los nutrimentos se usaron las siguientes fórmulas propuestas por Church (1976).

$$CDMS = 100 - (100 \times \frac{\% m \text{ en la MS del A}}{\% m \text{ en la MS de H}})$$

en Dónde:

CDMS: coeficiente de digestibilidad de la materia seca
 m : marcador
 A : alimento
 H : heces

Para la digestibilidad de una fracción específica la fórmula es:

$$CD(X) = 100 - (100 \times \frac{\% m \text{ en A}}{\% m \text{ en H}} \times \frac{\% X \text{ en H}}{\% X \text{ en A}})$$

Siendo:

CD(X): Coeficiente de digestibilidad del nutrimento x y los demás términos son como antes.

La producción de leche se pesó dos veces por día en la fase de colección de datos y se expresó en kg/día y como leche corregida a 3.5% de grasa (LCG; kg/día), en base a la fórmula presentada por Bath y col. (1985): LCG = (0.4324 x kg de leche) + (16.218 x Kg de grasa). El muestreo para determinar la composición de la leche fue en los días 15, 17 y 19 del periodo y se tomaron alícuotas de alrededor del 1% de la producción en cada ordeña. Se almacenaron en congelación adicionándoles 1 ml de una

solución con 6.99% de HgCl como conservador. Al momento del análisis se conjuntaron las alicuotas para determinar PC, grasa por el método de Gerber y la densidad con termolactodensímetro. Los valores de grasa y densidad se llevaron a una tabla estandarizada de valores (disco de Ackermann) para obtener el valor de sólidos totales (ST) y por diferencia los sólidos no grasos (SNG). Se calculó la producción por día, de proteína, grasa, SNG y ST de la leche y la eficiencia de la producción como kg de LCG/kg de alimento consumido.

El peso de los animales se registró al inicio y al final de cada periodo, se realizó sin previo ayuno, por dos días seguidos y a la misma hora. El cambio de peso por periodo se calculó y se expresó en g por día. Asimismo en cada periodo se realizó la calificación visual para condición corporal utilizando la escala de 1 a 5, de acuerdo al sistema de Virginia (Wildman y col., 1982) y se calculó el cambio de condición por periodo.

Para conocer el tiempo (en minutos) que emplearon los animales en un día para consumir y rumiar estas dietas altas en fibra, se realizaron mediciones de hábitos de consumo en tres ocasiones en la fase de muestreo del estudio completándose 12 observaciones en total. El registro consistió en anotar cada cinco minutos durante 24 horas seguidas, si el animal estaba en consumo, descanso o rumia.

En la estimación del valor energético de los ensilados expresado como Mcal/kg de energía neta de lactación (ENL), se usó

la información del NRC (1989). Se consideró el requerimiento de energía para mantenimiento más una actividad ligera (80 Kcal/Kg de peso metabólico), la energía en la leche como ENL (Mcal/Kg de leche) = $0.3512 + (0.0962 \times \% \text{ grasa})$, y el cambio de peso (5.12 Mcal por Kg de peso ganado y -4.92 Mcal por Kg de peso perdido). Asimismo se consideró un contenido de 1.7 Mcal/kg al concentrado usado, valiéndose de los valores calculados por Van Soest y col. (1984), que toma en cuenta una depresión en la digestibilidad debido a un consumo por arriba del mantenimiento. El balance de energía resultante se atribuyó al ensilado consumido con lo que se calcularon las Mcal/kg aportadas por los forrajes.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó por medio de un análisis de varianza de acuerdo al siguiente modelo lineal:

$$y_{ijkl} = \mu + C_i + P_j(i) + A_k(i) + T_l + E_{ijkl}$$

Donde:

μ es la media poblacional.

C_i es el efecto del cuadro i ($i=1,2$)

$P_j(i)$ es el efecto de periodo anidado en cuadro ($j=1,2,3,4$)

$A_k(i)$ es el efecto de animal anidado en cuadro ($k=1,2,3,4$)

T_l es el efecto de tratamiento ($l=1,2,3,4$)

E_{ijkl} es el error aleatorio.

Se realizaron comparaciones de medias por el método de contrastes ortogonales (Steel y Torrie, 1988). Estos fueron:

- a) Ensilado de zacate estrella (zacate rastrero) vs ensilados de forrajes de corte (sorgo forrajero y zacates Taiwán)
- b) Ensilado de sorgo forrajero vs ensilados de zacate Taiwán
- c) Ensilados de zacate Taiwán vs zacate Taiwán + melaza.

La desición para realizar estos contrastes obedece a: 1) El zacate estrella de Africa es un un pasto de crecimiento rastrero. 2) Los otros zacates son de porte alto y 3) Los taiwanes es una comparación directa.

Los datos de hábitos de consumo y los componentes de los ensilados se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones y cuatro tratam-
ientos y cuatro repeticiones en el primero y segundo caso respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición y características fermentativas de los ensilados

En el Cuadro 3 se presenta la composición de los ensilados en estudio. Como se puede apreciar, la MS de los cuatro productos está muy cerca de lo que se considera como adecuado, ésto es, entre 30 a 40% (McCullough, 1973). El contenido de FDN fue muy similar en los diferentes tratamientos, con un promedio de 65.6%, mientras que la FDA y en consecuencia la hemicelulosa mostraron diferencias más marcadas. La FDA fue mayor y la hemicelulosa menor en el SF comparado con los otros forrajes. De igual forma el contenido de lignina fue marcadamente superior en el SF, lo que sin duda se reflejó en su digestibilidad, como se discute adelante. Estas observaciones concuerdan con lo indicado por Van Soest y Mertens (1984), en el sentido de que la FDN resulta un mejor indicador de la fibrosidad de la dieta, ya que la FDA subestima ésta en los forrajes altos en hemicelulosa, como es el caso de las gramíneas en comparación de las leguminosas y aún entre gramíneas como se observó en este caso.

Las características fermentativas de los ensilados se presentan en el Cuadro 4, donde se aprecia que hubo un efecto benéfico por la adición de melaza en el pasto Taiwán, al mejorarse el pH, ácido acético (ZT vs. ZT+M, $P < 0.01$) y ácido láctico, aunque de este último valor solo se tiene el promedio de dos muestras. Estos datos concuerdan con lo encontrado por Ortiz

(1988) en el pasto Taiwán, y por Domínguez y col. (1982) en el pasto king grass, cuando utilizaron este aditivo. Sin embargo solamente el pH (4.51), difirió del valor de 3.8 a 4.2 considerado adecuado (Shimada y col., 1986). El SF presentó una buena fermentación, ya que aún cuando tuvo 6.17% de ácido acético (B.S.), el pH descendió hasta 3.55, gracias a un buen contenido de láctico

CUADRO 3. COMPOSICION QUIMICA DE LOS CUATRO ENSILADOS¹
(% BS).

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M
MS, TOLUENO ²	28.0	28.5	28.1	35.0
MS, ESTUFA ³	25.8	26.5	26.5	31.7
PROTEINA CRUDA	7.10	6.40	5.80	8.30
FDN ⁴	63.5	69.2	63.9	65.9
FDA ⁵	44.7	40.6	36.7	37.2
CELULOSA	36.4	35.2	32.3	30.1
HEMICELULOSA ⁶	18.8	28.6	27.2	28.7
LIGNINA	6.00	4.00	3.50	5.20

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 MS: Materia seca determinada por tolueno.

3 MS determinada por estufa a 55°C y corregida a 100°C.

4 FDN: Fibra detergente neutro.

5 FDA: Fibra detergente ácido.

6 Obtenida por diferencia entre FDN y FDA.

Al considerar las características fermentativas obtenidas en el ZEA+M que fueron muy positivas, parece adecuado asumir que este ensilado también se vió favorecido por la adición de melaza,

aún cuando no se contó con el testigo correspondiente. Para ácido láctico, no se contó con un número de pruebas suficientes para realizarles el análisis estadístico respectivo, por lo que solo se presenta un valor promedio de dos duplicados.

CUADRO 4. CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS DE LOS CUATRO ENSILADOS¹ (%BS).

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
pH	3.55	4.51	3.94	4.04	0.11	b,c
LACTICO	7.40	2.90	5.70	5.80		
N-NH ₃ ⁴	11.0	14.4	11.3	13.6	0.61	c,e,g
ETANOL	1.00	0.61	0.94	0.62	0.17	
ACETICO	6.17	1.06	2.00	2.43	0.12	a,b,c
PROPIONICO	0.60	0.15	0.08	0.10	0.05	a,b
BUTIRICO	0.07	0.93	0.57	0.24	0.11	b,d,f

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de contrastes:

a ZEA+M vs Otros (P<0.01); d (P<0.05); g (P<0.1)

b SF vs ZT y ZT+M (P<0.01); e (P<0.05)

c ZT vs ZT+M (P<0.01); f (P<0.05)

4 N-NH₃: Amoniaco como % del nitrógeno total.

Consumos, cambio de peso y producción

El consumo y comportamiento productivo de los animales se presenta en los Cuadros 5 y 6. El consumo de MS fue menor en el SF comparado con el Taiwán (P<0.05), mientras que el uso de melaza favoreció el consumo en el ZT+M (P<0.05). El ZEA+M

presentó un consumo intermedio y similar al promedio de los otros tratamientos ($P > 0.10$). La producción de leche fue similar para los tratamientos SF, ZT y ZT+M, sin embargo hubo una menor producción de LCG ($P < 0.05$), y pérdida de peso en las vacas consumiendo ZEA+M ($P < 0.01$), lo cual al parecer obedeció al bajo valor energético de este ensilado, lo que se discute en detalle más adelante. La producción de LCG y el cambio de peso por día también se vieron favorecidos por el uso de melaza al ensilar ZT ($P < 0.05$), al parecer como reflejo al mayor consumo obtenido con este ensilado, y a que hubo una buena digestibilidad, como se discute más adelante.

El consumo de la MS como % del peso corporal fue de 2.77, 2.83, 3.09 y 2.93 % para SF, ZT, ZT+M, y ZEA+M respectivamente. Estos valores son mayores al 2.56% dado por las tablas del NRC (1989) para animales con características similares a las de este experimento. Esta observación puede deberse a la menor densidad energética de los forrajes usados, lo cual forzaría un mayor consumo a pesar de la alta fibrosidad de las dietas (Van Soest y col., 1984). Las tablas del NRC hacen también una corrección para el consumo como % del peso vivo, disminuyendo éste en 0.02 unidades por cada punto de humedad por arriba de 50 % la dieta, cuando alimentos fermentados constituyen la mayor parte de la dieta. En este experimento, los contenidos de humedad de las dietas variaron de 55.5 a 63.4%, por lo que se debieron haber afectado por este factor. Sin embargo los consumos fueron muy superiores como ya se discutió, y aún así el contenido de humedad

parece afectar el consumo de alimento. Este aspecto es analizado en más detalle en la discusión general de esta tesis.

CUADRO 5. CONSUMO Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE VACAS RECIBIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
MS, kg/día ⁴	13.9	14.2	15.5	14.7	0.39	e, f
MS, % del pv ⁵	2.77	2.83	3.09	2.93	0.07	e, f
MO, kg/día ⁶	12.8	12.8	13.8	13.3	0.34	f
RECHAZO kg/día ⁷	0.95	0.90	1.10	1.43	0.17	d
% Forraje ⁸	60.0	60.7	64.3	62.2	1.00	e, f
LECHE, kg/día	13.0	13.1	13.7	12.4	0.31	d
LCG, kg/día ⁹	12.7	12.9	13.9	12.2	0.31	a, f
C.de P.g/día ¹⁰	576	338	595	-69	164	a, f
C.C.C. ¹¹	0.08	0.07	0.04	0.01	0.03	g

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de contrastes:

a ZEA+M vs Otros (P<0.01); d (P<0.05); g (P<0.1)

e SF vs ZT y ZT+M (P<0.05)

f ZT vs ZT+M (P<0.05)

4 MS: Materia seca.

5 MS consumida como % del peso vivo.

6 MO: Materia orgánica.

7 Rechazo del ensilado.

8 % forraje consumido respecto del total de la dieta.

9 LCG: Leche corregida a 3.5 % de grasa.

10 C. de P: Cambio de peso.

11 C.C.C.: Cambio de condición corporal, determinado por sistema de Virginia (1=emaciación, 5=obesidad).

El promedio general durante todo el trabajo fue 2.82.

El consumo de FDN como % del peso vivo fue menor ($P < 0.01$) en el SF (1.27%) en comparación del ZT y ZT+M (1.45%), mientras que el del ZEA+M (1.41%) no fue diferente al del promedio de las otras tres dietas (1.43%; $P < 0.01$). Todos estos valores, con excepción del obtenido con el SF, caen fuera del límite de $1.2 \pm 0.1\%$ sugerido por Mertens (1985) para el consumo de FDN. Igualmente el consumo de FDA (% MS) fue mayor al 21 % sugerido por el NRC (1989) como consumo mínimo, y en la comparación de SF contra Taiwán, fue mayor el consumo para SF ($P < 0.01$).

CUADRO 6. CONSUMO DE FRACCIONES DE FIBRA (BS) Y HUMEDAD DE LA DIETA DE VACAS RECIBIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
FDN, % MS ⁴	46.0	49.6	47.9	48.0	0.49	b, f
FDN, % PV ⁵	1.27	1.41	1.48	1.41	0.05	b
FDA, % MS ⁶	28.9	26.3	24.7	24.6	0.55	a, b
FDA, % PV ⁷	0.80	0.75	0.78	0.73	0.03	
FDN Rech. % ⁸	63.6	71.8	67.5	71.9	1.53	d, e, i
HUMEDAD, %	62.2	61.9	63.4	55.5		

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza. ZEA+M; zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de contrastes:

a ZEA+M vs Otros ($P < 0.01$); d ($P < 0.05$)

b SF vs ZT y ZT+M ($P < 0.01$); e ($P < 0.05$)

f ZT vs ZT+M ($P < 0.05$); i ($P < 0.1$)

4 Fibra detergente neutro consumida como % de la MS.

5 FDN consumida como % del peso vivo.

6 Fibra detergente ácido consumida como % de la MS.

7 FDA consumida como % del peso vivo.

8 FDN como % de los rechazos.

La condición corporal expresada como diferencias en la calificación entre los periodos del experimento, también guardó relación con el comportamiento de los animales. El promedio de todos los animales de 2.82 observado durante el trabajo, fue muy cercano al valor de 3 recomendado para vacas de raza Holstein en lactación media en clima templado (Jeffrey y Linn, 1989).

Los datos de composición de leche obtenidos se presentan en el Cuadro 7. Las principales diferencias se observan para la grasa que fue mayor para el ZT+M ($P < 0.01$) y menor para el ZEA+M ($P < 0.05$) en los contrastes 1 y 3 respectivamente.

CUADRO 7. PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE (±BS) DE VACAS RECIBIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
PROTEINA	3.05	3.05	3.11	3.11	0.04	
GRASA	3.41	3.40	3.59	3.40	0.03	c,d
SOLIDOS NO GRASOS	8.46	8.46	8.56	8.48	0.07	
GRASA, g/día	440	443	492	421	11.1	c,de
SOLIDOS TOTALES	11.9	11.9	12.2	11.9	0.08	f
SOLIDOS TOTALES kg/día	1.53	1.55	1.66	1.47	0.04	d,i
LECHE/kg MS (dieta)	0.93	0.94	0.89	0.84	0.03	d

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de contrastes:

d ZEA+M vs Otros ($P < 0.05$)

e SF vs ZT y ZT+M ($P < 0.05$)

c ZT vs ZT+M ($P < 0.01$); f ($P < 0.05$); i ($P < 0.1$)

La eficiencia en la producción de leche expresada como producción sobre consumo de MS resultó menor para el ZEA+M ($P<0.05$), lo cual nuevamente refleja el bajo valor energético de este ensilado.

Digestibilidades, balance energético y hábitos de consumo

Las digestibilidades de la MS y MO de las dietas se presentan en el Cuadro 8, incluyéndose para éstas, los resultados usando lignina y CIDA como marcadores.

CUADRO 8. DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (MS) Y MATERIA ORGANICA (MO) DE DIETAS A BASE DE CUATRO ENSILADOS¹ A LIBRE CONSUMO (% BS).

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
Digestibilidad estimada con CIDA ⁴						
MS	66.9	65.3	69.1	69.8	1.31	i
MO	68.7	68.0	71.5	71.9	1.36	i
Digestibilidad estimada con lignina ⁴						
MS	52.3	57.1	63.5	56.5	1.50	b,c
MO	55.1	60.6	66.8	59.5	1.38	b,c

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de contrastes:

b SF vs ZT y ZT+M ($P<0.01$)

c ZT vs ZT+M ($P<0.01$); i ($P<0.1$)

4 CIDA y lignina: digestibilidad usando cenizas insolubles en detergente ácido y lignina como marcador interno.

En los tratamientos los valores con CIDA promedian digestibilidades de 67.8 y 70.0 para MS y MO respectivamente, mientras que con lignina fue 57.4 y 60.5 en el mismo orden. Se observa una diferencia de alrededor de 10 unidades entre las determinaciones por CIDA y lignina tanto para MS como para MO. Dado que no fue posible hacer una comparación directa con el método de colección total, no es factible determinar que marcador se acerca más a los valores de digestibilidad reales. Sin embargo el CIDA parece sobrestimarla, mientras que la lignina presenta valores de digestibilidad que parecen bajos, especialmente en el caso del SF. Al comparar los valores de la digestibilidad de la MS y de la MO del SF vs ZT y ZT+M, estos son menores en el SF cuando se usa lignina ($P < 0.01$) y se observa también una diferencia al comparar ZT y ZT+M ($P < 0.01$). Sin embargo con CIDA solo hubo diferencia al comparar ZT y ZT+M ($P < 0.1$).

Las digestibilidades de los diferentes nutrimentos presentadas en el Cuadro 9, tienen un comportamiento parecido al de la MS. La digestibilidad con lignina fue menor en el SF para FDN, FDA, Hemicelulosa y celulosa ($P < 0.01$) cuando se compara con ZT y ZT+M; mientras que entre los tratamientos con Taiwán los valores son favorables para ZT+M en FDN, Hemicelulosa ($P < 0.01$), FDA ($P < 0.05$) y celulosa ($P < 0.1$). Encambio con CIDA las principales diferencias son al comparar SF con ZT y ZT+M para FDN y celulosa ($P < 0.05$) y hemicelulosa ($P < 0.01$). Los valores observados concuerdan bien con los de comportamiento animal, con excepción de los que presenta el SF, donde se esperarían valores

mayores de digestibilidad. Esta situación se puede deber a que el alto contenido de lignina de este forraje realmente haya bajado la digestión, o bien que estas mismas circunstancias resulten en una subestimación de la digestibilidad de este forraje, al sobrestimarse el contenido de marcador en el alimento, o tener una recuperación incompleta.

CUADRO 9. DIGESTIBILIDAD DE FRACCIONES DE FIBRA DE DIETAS A BASE DE CUATRO ENSILADOS¹ A LIBRE CONSUMO (BS[†]).

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
Digestibilidad estimada con CIDA ⁴						
FDN	5	57.6	62.0	65.8	65.6	1.92 e
FDA	6	56.2	60.4	61.0	61.4	2.47
HEMICELULOSA		58.7	62.9	69.5	69.4	1.85 b,d,f
CELULOSA		61.4	66.0	67.4	67.0	1.75 e
Digestibilidad estimada con lignina ⁴						
FDN		39.0	53.2	60.3	50.3	1.53 b,c
FDA		36.9	51.4	56.1	44.3	1.57 b,d,f
HEMICELULOSA		40.7	54.0	64.0	55.8	2.37 b,c
CELULOSA		44.4	58.0	62.2	52.6	1.60 b,i

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de contrastes:

d ZEA+M vs Otros (P<0.05)

b SF vs ZT y ZT+M (P<0.01); e (P<0.05)

c ZT vs ZT+M (P<0.01); f (P<0.05); i (P<0.1)

4 CIDA, cenizas insolubles en detergente ácido y lignina como marcador interno.

5 y 6: Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

Se realizó un balance entre las demandas energéticas y la aportación de energía de la dieta, para de esta manera estimar el valor energético de los ensilados. En el Cuadro 10 se presenta la energía de los ensilados (EN1, Mcal/ kg de MS), que fue el resultado de dividir la energía que no aportó el concentrado entre el consumo de ensilado (ver pies de pagina del cuadro 10).

CUADRO 10. BALANCE ENERGETICO Y ESTIMACION DE LA ENERGIA NETA DE LACTACION (EN1) DE CUATRO ENSILADOS¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
Energía (Mcal) en:						
LECHE ⁴	8.77	8.85	9.55	8.39		
CAMBIO DE PESO ⁵	2.32	1.74	4.07	-0.04		
MANTENIMIENTO ⁶	8.48	8.46	8.49	8.49		
Suministrado por:						
CONCENTRADO ⁷	9.29	9.29	9.29	9.29		
BALANCE ⁸	10.27	9.75	12.81	7.54	0.62	
EN1, Mcal/kg ⁹	1.24	1.15	1.29	0.83	0.07	a

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de contrastes:

a ZEA+M vs Otros (P<0.01)

4 Energía en la leche (Mcal/kg de leche): $0.3512 + (0.0962 \times \% \text{grasa})$.

5 Energía en el cambio de peso: 5.12 Mcal por kg de peso ganado y -4.92 Mcal por kg de peso perdido.

6 Energía de mantenimiento: 80 Kcal/kg de peso metabólico.

7 Concentrado: 5.46 kg de MS x 1.7 Mcal de EN1/kg de MS.

8 Balance: (Energía de la leche + energía de mantenimiento + energía en el cambio de peso) - energía en el concentrado.

9 EN1, Mcal/kg: Balance (ensilado)/Consumo (kg MS).

El ZEA+M presentó el menor valor energético (0.83 Mcal/kg, $P < 0.01$), siendo este valor inferior al presentado por el N.R.C. para forrajes de características similares (0.93 Mcal/kg para zacate bermuda maduro y 0.86 Mcal/kg para pangola maduro). El valor de ENl estimado para el ZT no mejoró con la adición de melaza (media: 1.22 Mcal/kg), lo que demuestra que el beneficio de ésta se debe principalmente a la promoción de un mayor consumo. Este valor es muy similar al de 1.18 Mcal/kg para un zacate Napier maduro (Pennisetum purpureum) dado por el NRC. (1989).

El SF presentó un contenido de 1.24 Mcal/kg de ENl que es similar al señalado por el NRC (1.23 Mcal/kg), lo que indica que este ensilado tuvo un valor mayor al demostrado por su digestibilidad, ya que el NRC da un valor de 55% de TDN para este forraje, mientras que el valor calculado a partir de la digestibilidad es de 41%. Por otra parte aunque en este tratamiento existió un menor consumo, sin embargo mantuvo un buen comportamiento animal. Estos resultados apoyarían el concepto de una subestimación de la digestibilidad de esta dieta al usar lignina como marcador.

El tiempo expresado en minutos por día, empleado por los animales para consumir estas dietas se presentan en el Cuadro 11. El tiempo de consumo fue mayor para el ZT+M en comparación al ZT ($P < 0.05$), lo que guardó relación con el consumo observado con el ZT+M. Igualmente al sumar los tiempos de consumo y rumia, este fue mayor para el ZT+M ($P < 0.1$).

CUADRO 11. TIEMPOS DE CONSUMO Y RUMIA (min por día) DE VACAS CONSUMIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
CONSUMO	326.7	248.3	360.0	315.0	20.53	f
RUMIA	491.7	518.3	503.3	465.0	25.67	
CONSUMO Y RUMIA	818.3	766.7	863.3	780.0	22.94	i
DESCANSO	621.6	673.4	576.7	660.0		

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de contrastes:
f ZT vs ZT+M (P<0.05); i (P<0.1)

CONCLUSIONES

- La adición de melaza tuvo un efecto benéfico sobre las características fermentativas del pasto Taiwán.
- El uso de melaza en el ZT incrementa el consumo voluntario, la producción de LCG y el peso de los animales.
- El ZEA+M presentó un consumo aceptable, sin embargo se encontraron pérdidas de peso y baja producción. Estas observaciones parecen deberse a un bajo valor energético de este forraje.
- En el SF se observó un menor consumo que en ZT y ZT+M, sin embargo la producción de leche no se afectó, indicando que este forraje tuvo un buen contenido energético.

- La digestibilidad de la MS, MO y fracciones de fibra de las dietas presentan diferencias en los resultados obtenidos con los dos marcadores internos (lignina y CIDA), sin embargo con la información que se tiene, no es posible determinar cual de los marcadores estimó mejor la digestibilidad.

- Los valores encontrados en la estimación del contenido energético (ENI) de los ensilados, concuerdan con los valores indicados en las tablas del NRC para forrajes similares.

IV. EXPERIMENTO 2

UTILIZACION RUMINAL Y DIGESTION DE DIETAS A BASE DE FORRAJES TROPICALES OFRECIDOS A LIBERTAD A VACAS LACTANTES

OBJETIVOS

- 1) Estudiar la cinética de digestión ruminal y de paso de raciones basadas en ensilados de zacates tropicales ofrecidos a vacas lecheras.
- 2) Evaluar el consumo y la producción de leche de vacas alimentadas con dietas basadas en cuatro ensilados de forrajes tropicales.
- 3) Estudiar la digestibilidad de estos ensilados utilizando lignina y CIDA como marcadores.
- 4) Evaluar la adición de melaza al momento de ensilar en el zacate Taiwán en términos de la calidad fermentativa y comportamiento animal.
- 5) Comparar la estimación de la tasa de paso de sólidos con el método de vaciado ruminal y usando como marcadores a la lignina o CIDA.
- 6) Estudiar el patrón de fermentación ruminal, pH, y características del contenido ruminal (contenido de MS, fracciones de fibra, tamaño de partículas) de estas dietas.

MATERIALES Y METODOS

Este experimento se realizó en las mismas instalaciones mencionadas en el experimento 1, y las condiciones climatológicas

durante (meses de mayo, junio y julio) la realización de éste fueron: una precipitación de 646.1 mm, temperatura media de 28.3°C y una humedad relativa de 87%.

Características agronómicas de los sacates

El zacate Taiwán usado en esta prueba procedió del rancho "Nueva Vida" ubicado en el área de influencia del C.E. "La Posta" y perteneció a un cultivo de primer corte, fertilizado con 63 kg de N/ha, bajo condiciones de riego; se cortó a los 105 días y su contenido de MS fue de 18.8% y de CNE de 4.99% (Cuadro 12). Este material fue, por lo tanto, muy diferente al usado en el experimento 1 y su contenido de MS y CNE fue menor al óptimo (Gross, 1969; McCullough, 1973; Woolford, 1984).

CUADRO 12. COMPOSICION QUIMICA (% BS) DE LOS FORRAJES ENSILADOS Y USADOS EN EL EXPERIMENTO 2.¹

NUTRIMENTO	TAIWAN	ESTRELLA
MATERIA SECA	18.82	44.76
PROTEINA CRUDA	9.71	8.12
GRASA CRUDA	1.18	1.43
FDN ²	69.91	75.85
CENIZAS	14.21	8.70
CNE ³	4.99	5.90

1 El SF usado fue el mismo del Exper. 1 (ver Cuadro 1).

2 Fibra detergente neutro.

3 Carbohidratos no estructurales determinados mediante la fórmula, $100 - (\text{FDN} + \text{PROTEINA} + \text{GRASA} + \text{CENIZAS})$, propuesta por Nocek (1988); citado por Van Soest (1989).

El estrella de Africa fue de un cultivo de doce años de establecido, se cosechó a los 120 días después del corte de igualación, recibió una fertilización de 63 kg de N/ha y los CNE fueron 5.9%.

Los zacates Taiwán y estrella de Africa se cosecharon con cosechadora-picadora, y el tamaño de partícula (7 a 10 cm) fue mayor al considerado adecuado de 3 a 4 cm. El proceso de ensilaje fue igual al experimento 1 y los silos se abrieron a los 40 días. Los análisis químicos realizados a los zacates antes de ensilar fueron los mismos que en el primer experimento.

Diseño experimental

Se usaron cuatro vacas fistuladas y provistas de cánula ruminal dispuestas en un diseño en cuadro latino 4 X 4. Las vacas fueron dos encastadas con Holsteín (3/4 ó más) y dos Suizo Pardo, de las que dos estaban en su cuarta lactancia y dos en la quinta, con 97 ± 19 días en lactación y un peso promedio de 467.9 ± 31 Kg y una condición corporal de 2.76 en la escala de Virginia (Wildman y col., 1982).

La implantación de cánulas flexibles en los animales tuvo lugar en la etapa seca de la producción, siguiendo las indicaciones de Garza (1990).

Los tratamientos y los periodos fueron iguales al experimento 1; se usó el mismo ensilado de sorgo de la prueba anterior pero los ensilados de los zacates Taiwán y estrella de Africa

procedieron de otros cultivos. La forma de alimentación y el manejo de los animales también fue igual al primer experimento.

Toma de muestras y colección de información

Los procedimientos correspondientes a mediciones y muestreos para consumo de alimento, producción de leche, ganancia de peso, condición corporal, hábitos de consumo y la colección de heces para digestibilidades, se realizaron como en el experimento 1 y se practicaron los mismos análisis químicos.

Parámetros de la digestión in situ

Para estudiar la digestión ruminal in situ de los forrajes, del día 11 al 14 se introdujeron al rumen bolsas de polyester conteniendo muestras de los ensilados del tratamiento correspondiente. Para la preparación de éstas, se secó suficiente ensilado de cada uno de los tratamientos en estufa de aire forzado a 55°C durante 72 horas, para obtener 200 g de material seco, el cual fue molido usando una criba de 2 mm. Las bolsas medían 9 x 16 cm y tenían 1200 perforaciones por cm² y un tamaño de poro variable de 35 a 70 µm. Para evitar cualquier fuga de muestra se confeccionaron con una doble costura y con los bordes redondeados para evitar acumulaciones de muestra en las esquinas. Se colocaron 2 g de muestra en cada bolsa, se amarraron con hilo de nylon y se fijaron en la cánula ruminal, con la ayuda de un anillo metálico que quedó sostenido en el exterior de la cánula. Las muestras quedaron dentro de la cavidad ruminal a unos 25 cm del punto de sostén. Las incubación fue por duplicado en los tiempos 0, 6, 9,

12, 18, 24, 36, 48, 72 y 96 horas; y el tiempo cero correspondió a una bolsa sumergida en agua a 39°C durante 5 min y posteriormente tratada de la misma forma que en las demás horas.

Transcurridas las horas de incubación, las bolsas fueron extraídas del rumen y se lavaron con agua corriente hasta que escurrió líquido sin color. Con la ayuda de un equipo para filtración y aplicando vacío se procedió a recuperar los residuos en papel de filtración rápida, endurecido (Wathman No. 54). A continuación se secaron en estufa de aire forzado a 55°C durante 48 horas, y una vez secas se pusieron a enfriar en desecador y se pesaron. La diferencia de peso encontrada entre la muestra original y el residuo recuperado, sirvió para obtener el dato de desaparición de la MS en los diferentes tiempos de incubación.

En el día 17 de cada periodo se tomaron 100 ml de líquido ruminal directamente del rumen a las 0, 2, 4 y nuevamente 0 horas después de ofrecido el alimento, considerándose el tiempo cero como instantes antes de dar el alimento. Las muestras se filtraron en capas de gasa, y se midió inmediatamente su pH con ayuda de un potenciómetro. Para detener la actividad microbiana y como conservador de muestra, se agregaron 10 ml de solución de ácido sulfúrico (10%). Las muestras se guardaron en congelación para análisis posteriores. Después de descongelar se prepararon las muestras para la lectura de AGV por cromatografía de gas-líquidos, siguiendo las indicaciones de Tejada (1985). El nitrógeno amoniacal del líquido ruminal se analizó con el método

de microdifusión en la cámara de Conway como lo indica Oser (1965).

En el último día de cada periodo se evacuó completamente el rumen, se pesó su contenido y se tomaron muestras que se secaron como en los casos anteriores. Después del secado se dejó una parte íntegra para determinar tamaño y distribución de partículas, y otra porción se molió a través de una criba de 2 mm para análisis de marcadores internos y fracciones de fibra. El tamaño de partícula del contenido ruminal fue determinado a muestras secas de 8 g, que se dejaron por doce horas en agua para rehidratarlas. El material se tamizó a través de una serie de ocho cribas, cuyos tamaños de poro fueron: 10, 4.75, 2.36, 1.0, 0.6, 0.297, 0.150 y 0.075 mm con ayuda de una corriente constante de agua; finalmente las proporciones retenidas en las cribas se recuperaron en papel filtro con ayuda de vacío, se secaron y se pesaron.

El recambio de la fase sólida del rumen (h) se estimó por vaciado ruminal y utilizando la concentración de marcadores internos (lignina y CIDA) en el contenido ruminal y en el alimento. Los marcadores se determinaron en el laboratorio de la misma manera que para el cálculo de digestibilidad en el experimento 1. El cálculo de recambio (h) se obtuvo dividiendo el marcador del contenido ruminal (g) entre el consumo del marcador durante las últimas 24 horas y la tasa de paso ($\%/h$) corresponde a la recíproca del tiempo de recambio (Colucci, 1984).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó por análisis de varianza de acuerdo al siguiente modelo lineal:

$$y_{ijk} = \mu + P_i + A_j + T_k + E_{ijk}$$

Donde:

μ es la media poblacional

P_i es efecto de periodo ($i=1,2,3,4$)

A_j es el efecto de animal ($j=1,2,3,4$)

T_k es el efecto de tratamiento ($k=1,2,3,4$)

E_{ijk} es el error aleatorio

Se realizaron las mismas comparaciones por el método de contrastes ortogonales efectuadas en el experimento 1.

Los hábitos de consumo y los componentes de los ensilados se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y dos repeticiones, y cuatro tratamientos y cuatro repeticiones para el primer y segundo caso respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición y características fermentativas de los ensilados

La composición de los ensilados empleados en este experimento se indica en el Cuadro 13, donde se puede observar el bajo contenido de MS que tenían los ensilados ZT y ZT+M; mientras que en el ZEA+M hubo un nivel de MS (40.4%) que cae en el rango considerado adecuado para obtener un buen ensilado (McCullough, 1977).

CUADRO 13. COMPOSICION QUIMICA (% BS) DE LOS ENSILADOS¹
USADOS EN EL EXPERIMENTO 2.²

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M
MS, TOLUENO ³	27.9	19.6	18.8	40.4
MS, ESTUFA (100°C) ⁴	25.8	17.3	18.3	34.1
PROTEINA CRUDA	7.54	7.96	9.44	7.42
FDN ⁵	65.1	66.5	63.9	63.3
FDA ⁶	47.1	40.4	41.5	35.6
CELULOSA	37.0	34.8	34.5	29.4
HEMICELULOSA	18.0	26.1	22.4	27.7
LIGNINA	6.66	5.00	5.29	5.06

1 SF, sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 El ensilado SF fue el mismo usado en el experimento 1.

3 Materia seca determinada por tolueno.

4 MS determinada por estufa a 55°C y corregida a 100°C.

5 Fibra detergente neutro.

6 Fibra detergente ácido.

Las características fermentativas de los ensilados se presentan en el Cuadro 14. Se puede apreciar que hubo un efecto benéfico por la adición de melaza en el ensilado de ZT, tal como ocurrió en el experimento 1, a juzgar por la reducción observada en el pH ($P < 0.05$), $N-NH_3$ ($P < 0.01$) y ácido butírico ($P < 0.01$). También se observó que el ácido acético se elevó en el ZT+M ($P < 0.01$), lo cual no ocurrió en el experimento 1. Esto hace suponer que la melaza promueve la fermentación de tipo acética en presencia de alta humedad, como lo sugiere Aguilera (1975).

Domínguez y col. (1982) han informado de un comportamiento similar en el ensilado de pasto king grass al añadir 2% de melaza y también observaron una disminución del $N-NH_3$ de 20.6 a 13.2%. Ortiz (1988), encontró un efecto similar en el pasto Taiwán, mientras Tosi y col. (1983), encontraron valores de 18.3% en ensilados del mismo pasto con 4% de melaza. La cantidad elevada de $N-NH_3$ y ácido butírico en el ensilado de ZT indican que hubo una alta degradación proteica. Estas observaciones parecen deberse nuevamente a una fermentación deficiente debida al alto contenido de humedad del ZT y a su bajo contenido de CNE, lo que coincide con los conceptos vertidos por Shaver (1990).

La fermentación acética del ZT y del ZT+M, hace suponer que la vía de fermentación en estos ensilados fue principalmente la heteroláctica, donde la poca producción de ácido láctico no logró bajar el pH lo suficiente para evitar reacciones secundarias, confirmando que este tipo de fermentación es el predominante en los ensilados de pastos tropicales altos en

humedad (Aguilera, 1975). Aunque en este experimento no fue posible medir el ácido láctico, el comportamiento fermentativo de los ácidos acético y butírico y el N-NH₃ resultó similar al señalado por Aguilera (1975) para estos zacates tropicales. La baja calidad de los ensilados de Taiwán en este experimento también se puede observar al comparar los valores de N-NH₃ obtenidos en ambos experimentos (Cuadros 4 y 14).

CUADRO 14. CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS DE LOS CUATRO ENSILADOS¹ (% BS).

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
pH	3.61	4.72	4.15	3.76	0.15	b,d,f
N-NH ₃ ⁴	9.63	33.9	21.9	13.0	0.11	a,b,c
ETANOL	0.90	0.26	0.42	0.34	0.16	e
ACETICO	6.10	6.51	10.3	3.20	0.51	a,b,c
PROPIONICO	0.75	0.48	1.73	0.31	0.15	a,c,e
BUTIRICO	0.18	2.68	0.38	0.17	0.36	b,c,d

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

a ZEA+M vs Otros (P<0.01); d (P<0.05)

b SF vs ZT y ZT+M (P<0.01); e (P<0.05)

c ZT vs ZT+M (P<0.01); f (P<0.05)

4 N-NH₃: Amoniaco como % del nitrógeno total.

En conclusión la pobre fermentación en el ZT y ZT+M, se debió principalmente a su bajo nivel de MS, más que por falta de CNE, especialmente si se considera el ZT+M, lo cual está acorde

con lo expresado por Woolford (1984). En el ZEA+M, por tener un buen nivel de MS y CNE (una vez que se añadió la melaza), se logró obtener un buen ensilado y se considera que en este pasto la adición de melaza ayudó en su conservación, tal como se observó en el experimento 1. De hecho la composición y características fermentativas del ZEA+M fue similar en ambos experimentos (Cuadros 3,4, 13 y 14), excepto que el contenido de MS fue mayor en el presente experimento. De la misma forma la composición y la fermentación del SF fueron muy parecidas a las observadas en el experimento 1, ya que se usó el mismo producto, habiendo solo pequeñas diferencias atribuibles al muestreo.

Consumos, cambios de peso, producción y digestibilidades

En los Cuadros 15 y 16 se resumen los valores relacionados con los consumos de MS, fracciones de fibra y condición corporal. Los consumos de MS, FDN, y la proporción de forraje (con respecto al concentrado) en la dieta fueron mayores ($P < 0.01$) para el ensilado de ZEA+M, en comparación a los otros, mientras que estos parámetros fueron mayores para el SF en comparación al Taiwán ($P < 0.01$). El menor consumo de estos últimos parece deberse, tanto a su elevada humedad como a su pobre fermentación, lo cual coincide con lo indicado por varios autores (NRC, 1989; Jackson y Forbes, 1970).

De acuerdo a los valores de las tablas del NRC (1989), no se cubrieron las necesidades de energía con los tratamientos ZT y ZT+M, lo que se reflejó en pérdidas de peso y condición corporal.

En contraste, los ensilados SF y ZEA+M produjeron ganancias de peso. El promedio de la condición corporal de todos los animales en la duración del experimento fue de 2.80, misma que esta muy cerca del valor de 3.0 para animales de características similares a los empleados en el experimento. (Jeffrey y Linn, 1989)

CUADRO 15. CONSUMOS Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE VACAS RECIBIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
MS, kg/día ⁴	13.1	11.0	10.4	14.8	0.34	a,b
MS, % PV. ⁵	2.78	2.35	2.25	3.17	0.09	a,b
MO, kg/día ⁶	12.1	9.87	9.32	13.4	0.32	a,b
RECHAZO kg/día ⁷	0.81	1.32	1.28	1.54	0.18	g,h
% Forraje ⁸	58.1	49.2	47.2	62.9	1.41	a,b
LECHE, kg/día	11.5	11.6	11.1	11.8	0.40	
LCG, kg/día ⁹	11.4	11.5	11.4	11.5	0.39	
C.de P.g/día ¹⁰	425	-270	-480	335	0.35	h
C.C. C. ¹¹	0.04	-0.23	-0.06	0.11	0.06	g

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

a ZEA+M vs Otros (P<0.01); d (P<0.05); g (P<0.1)

b SF vs ZT y ZT+M (P<0.01) h (P<0.1)

4 MS: Materia seca.

5 MS como % del peso vivo.

6 MO: Materia orgánica.

7 Rechazo del ensilado.

8 % de forraje consumido respecto del total de la dieta.

9 LCG: Leche corregida a 3.5 % de grasa.

10) C. de P.: Cambio de peso.

11 C. C.C.: Cambio de condición corporal, determinado por el sistema de Virginia (1= emaciación, 5= obesidad).

El promedio general durante todo el trabajo fue 2.8

Al considerar la información sobre FDA para determinar la fibrosidad de la dieta consumida, se aprecia que los valores son menos cercanos entre tratamientos que con la FDN. Esto se debe al contenido de hemicelulosa que fue menor para el SF, por lo que el FDA subestima la fibrosidad relativa del Taiwán y ZEA+M en comparación al SF, lo que indica que la FDN es un mejor indicador del consumo de fibra, tal como lo expresan Van Soest y Mertens (1984).

CUADRO 16. CONSUMO DE FRACCIONES DE FIBRA (% BS) Y HUMEDAD DE LA DIETA DE VACAS RECIBIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
FDN, % MS ⁴	46.2	42.8	40.3	47.0	0.70	a,b
FDN, % PV ⁵	1.29	1.03	0.92	1.49	0.05	a,b
FDA, % MS ⁶	30.0	22.1	21.9	24.1	0.66	b
FDA, % PV ⁷	0.84	0.54	0.51	0.77	0.05	b,d
FDN, RECH. % ⁸	61.6	67.4	67.9	65.2	1.09	b
HUMEDAD, %	61.3	68.5	68.4	50.2		

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

a ZEA+M vs Otros (P<0.01); d (P<0.05)

b SF vs ZT y ZT+M (P<0.01)

4 Fibra detergente neutro consumida como % de la materia seca.

5 FDN consumida como % del peso vivo.

6 Fibra detergente ácido consumida como % de la MS.

7 FDA consumida como % del peso vivo.

8 FDN como % de los rechazos.

Sin embargo, los consumos de FDN como % del peso vivo fueron muy diferentes entre tratamientos, obteniéndose el mayor

consumo (1.49%) con el ZEA+M, siendo éste el consumo más alto de FDN obtenido en ambos experimentos. Esta medición fue también mayor para el SF (1.29%) vs los tratamientos de Taiwán (promedio 0.98%). El valor para ZEA+M es claramente mayor al informado por Mertens (1985) de 1.2 ± 0.1 % del peso vivo, tal como sucedió para la mayoría de los ensilados en el experimento 1.

Los resultados de la composición de la leche se presentan en el Cuadro 17. La producción de leche y LCG (3.5%) (Cuadro 15) fue similar entre tratamientos ($P > 0.1$). La grasa en la leche fue mayor para el ZT+M que para el ZT ($P < 0.05$) promediando 3.69 y 3.43 respectivamente, lo que parece relacionarse al elevado contenido de ácido acético en el ensilado ZT+M; ya que es bien sabido que este ácido es precursor de la grasa de la leche (Anderson y col., 1985).

CUADRO 17. PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE (% BS)
DE VACAS RECIBIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
PROTEINA CRUDA	3.07	3.01	3.13	3.02	0.04	
GRASA	3.45	3.43	3.69	3.38	0.04	d,c
SOLIDOS NO GRASOS	8.46	8.38	8.64	8.41	0.05	c
SOLIDOS TOTALES	11.9	11.8	12.3	11.8	0.07	d,c
SOLIDOS TOTALES,kg/día	1.37	1.37	1.37	1.38	0.05	

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes

d ZEA+M vs Otros ($P < 0.05$)

c ZT vs ZT+M ($P < 0.01$)

Las digestibilidades de la MS, MO y de las fracciones de fibra de las dietas determinadas por lignina y CIDA, se exponen en los Cuadros 18 y 19. Con lignina se puede observar un valor mayor para los ZT y ZT+M en comparación del SF, para MS ($P<0.1$), MO ($P<0.05$), FDN ($P<0.01$), Hemicelulosa ($P<0.05$) y celulosa ($P<0.1$). Los resultados de la digestibilidad de la MO de las dietas con este marcador en ZT, ZT+M y ZEA+M son similares a los obtenidos por Esperance y Díaz (1985), quienes encuentran una digestibilidad de la MO de 63.2 y 59.2% para dietas con ensilados de estrella de Africa y king grass que incluían 0.9 kg de suplemento.

CUADRO 18. DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (MS) Y MATERIA ORGANICA (MO) DE DIETAS A BASE DE CUATRO ENSILADOS¹ A LIBRE CONSUMO (% BS).

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
Digestibilidad estimada con CIDA. ⁴						
MS, C	59.3	71.7	71.4	56.6	1.53	a,b
MO, C	60.9	74.6	74.7	59.1	1.87	a,b
Digestibilidad estimada con lignina. ⁴						
MS, L	52.6	61.9	57.6	59.6	2.77	h
MO, L	54.5	66.1	62.6	61.9	2.62	e

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

a ZEA+M vs Otros ($P<0.01$)

b SF vs ZT y ZT+M ($P<0.01$); e ($P<0.05$); h ($P<0.1$)

4 CIDA y lignina: digestibilidad usando cenizas insolubles en detergente ácido y lignina como marcador interno.

En la digestibilidad de MS, MO, FDN, FDA y hemicelulosa con CIDA resulta ser menor ($P < 0.01$) en el ZEA+M cuando se compara con los otros tratamientos y menor también ($P < 0.01$) para el SF respecto a ZT y ZT+M.

CUADRO 19. DIGESTIBILIDAD DE LAS FRACCIONES DE FIBRA DE DIETAS A BASE DE CUATRO ENSILADOS¹ A LIBRE CONSUMO (% BS).

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
Digestibilidad estimada con CIDA. ⁴						
FDN	5	51.6	69.4	70.0	48.1	2.36 a,b
FDA	6	50.1	62.9	64.6	42.9	2.91 a,b
HEMICELULOSA		52.7	75.4	75.3	52.5	3.47 a,b
CELULOSA		52.7	70.4	68.5	48.1	2.15
Digestibilidad estimada con lignina. ⁴						
FDN		43.6	59.3	55.3	51.7	3.22 b
FDA		42.3	50.1	47.2	46.8	3.23
HEMICELULOSA		44.2	67.5	63.2	55.8	5.42 e
CELULOSA		44.8	59.6	52.5	51.6	4.82 h

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

a ZEA+M vs Otros ($P < 0.01$)

b SF vs ZT y ZT+M ($P < 0.01$); e ($P < 0.05$); h ($P < 0.1$)

4 CIDA y lignina: digestibilidad usando cenizas insolubles en detergente ácido y lignina como marcador interno.

5 FDN: fibra detergente neutro.

6 FDA: fibra detergente ácido.

La mayor digestibilidad del ZT y ZT+M, concuerda con la menor relación forraje: concentrado que hubo en estos tratamientos, así como con el largo tiempo de retención ruminal de éstos, lo que favoreció su digestión (Forbes, 1986). Ramírez (1989), trabajando con colección total en borregos suplementados con 200 g de concentrado (15% PC), encuentra una digestibilidad de la MS de 47.5 y de la MO de 45.8% para el SF.

La baja digestibilidad del SF fue similar a la observada en el experimento 1, por lo que parecen estar involucrados los mismos factores antes discutidos. Una vez más este bajo valor no parece ser real, ya que aunque se ha argumentado que una baja digestión de fibra puede deberse a la presencia de un elevado contenido de CNE en forma de almidón (Grant, 1990), en el presente estudio no se provocó una disminución marcada en el pH ruminal, y éste nunca descendió a menos de 6.2 (Cuadro 22), que es al que se considera que se afecta la digestión de los sustratos fibrosos (Church, 1988). Las digestibilidades obtenidas en este experimento, pueden atribuirse en parte a la complementación adecuada de proteína recibida en el concentrado, ya que se menciona que la baja digestibilidad de los forrajes tropicales al ofrecerse solos, se debe a su pobre contenido de PC (Wilkinson, 1983).

Digestión in situ, composición y parámetros ruminales

En el Cuadro 20 se indican los residuos de la digestión in situ, de 0 a 96 horas. Hasta las 18 horas se puede apreciar que los residuos son menores ($P < 0.01$) en el ZEA+M. De la misma manera

es menor ($P < 0.01$) el residuo en el Taiwán en comparación del SF y menor ($p < 0.01$) también en el ZT+M respecto del ZT. Después de las 18 horas se presentó un patrón similar en los residuos y que fue menor ($P < 0.05$) para el promedio de ZT y ZT+M en comparación del SF.

CUADRO 20. RESIDUOS EN EL TIEMPO DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU (% BS) DE CUATRO ENSILADOS DE ZACATES TROPICALES.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
0 h	82.6	86.6	83.2	73.8	0.30	a,b,c
6 h	78.7	81.3	76.5	69.8	0.57	a,c
9 h	76.4	77.0	71.5	66.6	0.47	a,b,c
12 h	73.7	69.2	66.4	64.9	1.70	d,e
18 h	70.6	64.8	59.0	58.8	1.03	a,b,c
24 h	64.5	53.3	48.0	54.9	1.68	b,i
36 h	56.6	48.6	43.4	51.3	1.20	b,f
48 h	52.6	43.4	39.6	48.0	1.12	b,f,g
72 h	48.2	39.1	35.4	45.7	1.66	b,d
96 h	47.1	35.1	32.0	43.6	1.61	b,d

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estandar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

a ZEA+M vs Otros ($P < 0.01$); d ($P < 0.05$); g ($P < 0.1$)

b SF vs ZT y ZT+M ($P < 0.01$); e ($P < 0.05$)

c ZT vs ZT+M ($P < 0.01$); f ($P < 0.05$); i ($P < 0.1$)

El SF a través de la prueba presentó una lenta desaparición de la MS, y en el ZEA+M presentó algo similar después de las 18 horas. A las 72 h se puede apreciar que ya se ha digerido la mayor parte de la MS potencialmente digestible; sin embargo en este trabajo se consideró el residuo indigestible el que se obtuvo a las 96 h, ya que la digestión en los ensilados de Taiwán continuó hasta este tiempo.

Los parámetros de la digestión in situ se indican en el Cuadro 21. La solubilidad de la MS a la hora cero, fue mayor ($P < 0.01$) en el ZEA+M (26.2%), comparado con SF, ZT y ZT+M (15.9%).

CUADRO 21. PARAMETROS DE LA DIGESTION IN SITU (% BS) DE CUATRO ENSILADOS DE ZACATES TROPICALES.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
MATERIAL SOLUBLE (0h)	17.4	13.5	16.8	26.2	0.30	a, bc
DIGESTION (48h)	47.4	56.6	60.4	52.0	1.12	b, fg
RESIDUO INDIGESTIBLE (96h)	47.1	35.1	32.0	43.6	1.61	b, d
TASA DIGESTION %/h	5.46	3.89	4.30	4.61	0.01	
TIEMPO LAG (h)	7.02	1.26	0.63	2.09	1.82	e

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

a ZEA+M vs Otros ($P < 0.01$); d ($P < 0.05$); g ($P < 0.1$)

b SF vs ZT y ZT+M ($P < 0.01$); e ($P < 0.05$); h ($P < 0.1$)

f ZT vs ZT+M ($P < 0.05$)

La digestión a las 48 h fue menor ($P < 0.01$) en el SF que en el Taiwán, siendo estos valores similares a lo obtenido por Bores y col. (1986); quienes encontraron una digestibilidad de la MO de 49.5 % en el ensilado de Taiwán, aunque estos autores no especifican el tiempo usado para obtener este valor.

El residuo indigestible a las 96 h fue 47.1% para SF y 33.6% en promedio para ZT y ZT+M, siendo estos valores diferentes ($P < 0.01$), lo que concuerda con el mayor nivel de lignina observado en el SF. El tiempo de latencia (o tiempo lag) fue muy largo en el SF, no habiendo una razón aparente que explique esta observación, mientras que la tasa de digestión al parecer no estuvo afectada por la presencia de los CNE o la lignina. Estas observaciones apoyan los conceptos vertidos anteriormente en el sentido de que la presencia de los CNE no afectó la digestibilidad de la dieta con SF. La falta de efecto de la lignina sobre la tasa de digestión coincide con otros resultados de la literatura donde se indica que este compuesto afecta la extensión de la digestión pero no la velocidad con que esta se realiza (Jung y Vogel, 1986).

Conociendo el residuo indigestible se obtuvieron los valores del material potencialmente digestible remanente a los diferentes tiempos y se presentan en la Gráfica 1 del Apéndice en forma semilogarítmica con el fin de obtener una línea. Esta nos permitió obtener por regresión lineal la pendiente o coeficiente de regresión, que corresponde a la tasa de digestión (kd), así como también el intercepto de la ecuación de la recta. Mientras

que la Gráfica 2 (Apéndice) muestra los residuos de la MS a través del tiempo de incubación de esta digestibilidad *in situ*. Los resultados de pH y N-NH₃ ruminal se presentan en el Cuadro 22. Como se esperaba el pH descendió después de ofrecer alimento; a las 2 h bajó en 0.24, 0.16 y 0.28 unidades, para SF, ZT+M y ZEA+M respectivamente. El descenso fue más moderado en el ZT y ZT+M, observándose su caída hasta las 4 h, mientras que en el SF y ZEA+M, la caída fue más rápida, de tal manera que a las 4 horas ya había vuelto a subir.

CUADRO 22. pH Y N-NH₃ (mg/100ml) EN EL LIQUIDO RUMINAL OBTENIDO A LAS 0, 2 Y 4 HORAS DESPUES DE OFRECER EL ALIMENTO DE VACAS RECIBIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
pH						
0 h	6.47	6.31	6.42	6.36	0.08	
2 h	6.24	6.31	6.26	6.08	0.05	d
4 h	6.31	6.19	6.22	6.17	0.04	h
0 h *	6.41	6.38	6.42	6.30	0.10	
N-NH ₃						
0 h	12.3	11.7	10.7	9.40	0.75	d
2 h	22.5	21.1	21.6	16.0	1.61	d
4 h	14.7	14.3	14.9	11.5	1.36	g

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:
 d ZEA+M vs Otros (P<0.05) g (P<0.1)
 h SF vs ZT y ZT+M (P<0.1)

* Diferente hora del día

Si se considera que el pH ruminal esperado en animales que consumen forraje es de 6.2 a 7.0 y que normalmente desciende entre media hora y 4 horas después de ofrecer el alimento (Church, 1988), el pH ruminal observado con estas dietas parece adecuado, siendo más constante con los ensilados ZT y ZT+M.

La concentración de N-NH₃ también varió después de las comidas. En este caso se observa una elevación a las 2 h, seguida de un descenso a las 4 h. En las tres mediciones los valores más bajos fueron para el ZEA+M; sin embargo en todos los tratamientos los valores son superiores a los considerados adecuados para un buen crecimiento bacteriano (5 mg/dl; Satter y Slyter, 1974), lo que apoya que hubo un nivel adecuado de proteína en las dietas.

Las proporciones de los AGV se resumen en el Cuadro 23. A las 0 h se aprecia más ácido acético (65.7%; $P < 0.05$) y menos ácido butírico (14.3%; $P < 0.05$) en el SF, en comparación al promedio de los ensilados de ZT y ZT+M (58.6 y 18.3% respectivamente).

La concentración total de AGV (mmol/l) fue mayor para el ZT en comparación a ZT+M a los tiempos de 2 ($P < 0.10$) y 4 h ($P < 0.05$); lo que parece deberse a que los ácidos preformados en el ZT+M fueron absorbidos más rápidamente. En síntesis, en las concentraciones totales de AGV, se observa un aumento de las 0 a las 2 horas, seguido de un descenso a las 4 h. Las proporciones de AGV observadas en el presente estudio (en promedio 65:20:15 para Acético, Propiónico y Butírico), corresponden bien a las

consideradas normales para dietas basadas en forrajes, que son de alrededor de 65:25:10 para los tres AGV en el mismo orden, aunque el butírico aparece más elevado (Church, 1988).

CUADRO 23. CONCENTRACION TOTAL DE ACIDOS GRASOS VOLATILES (mmol/l), Y PROPORCIONES MOLARES (%) EN EL LIQUIDO RUMINAL A LAS 0, 2 Y 4 HORAS DESPUES DE OFRECER EL ALIMENTO.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
Cero h						
TOTAL	43.7	37.8	35.8	41.2	2.48	h
ACETICO	65.7	59.2	58.0	62.4	2.14	e
PROPIONICO	20.1	22.6	23.9	20.2	1.28	h
BUTIRICO	14.3	18.3	18.2	17.5	1.22	e
Dos h						
TOTAL	50.6	54.5	42.7	46.5	3.79	i
ACETICO	63.0	65.2	65.2	64.6	2.29	
PROPIONICO	22.0	18.8	19.2	17.4	2.40	
BUTIRICO	15.1	16.1	15.6	18.0	0.69	d
Cuatro h						
TOTAL	45.9	54.4	41.5	42.3	3.32	f
ACETICO	67.6	64.8	61.7	64.6	2.29	
PROPIONICO	20.5	19.4	20.0	18.4	1.19	
BUTIRICO	12.0	15.9	18.3	17.1	1.51	e

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

d ZEA + M vs Otros (P<0.05)

e SF vs ZT y ZT+M (P<0.05); h (P<0.1)

f ZT vs ZT+M (P<0.05); i (P<0.1)

El contenido ruminal, la MS y la composición química se presentan en el Cuadro 24. La cantidad de ingesta ruminal obtenida en el vaciado ruminal fue mayor ($P < 0.01$) en el ZEA+M que con las otras dietas, siendo esta dieta con la que se obtuvo un mayor consumo. Esto parece indicar que el llenado del rumen estuvo relacionado con el control del consumo al menos en esta dieta, lo que está acorde con lo indicado por varios autores (Conrad, 1966; Baile, 1967; Forbes, 1986; Shaver, 1988). Al respecto Cochran (1990), midiendo el llenado ruminal en novillos de diferente peso, encuentra que éste estaba correlacionado positivamente con la capacidad ruminal y esta última también con el consumo.

El contenido de MS (%) de la ingesta ruminal guarda relación con la cantidad de MS en la dieta. En los tratamientos ZT y ZT+M, la FDN, FDA, hemicelulosa y celulosa, se encontraron en menor concentración en el material ruminal que en el ensilado. Los valores de lignina fueron más altos en el contenido ruminal respecto a la composición de los ensilados, con excepción del ZT+M que presentó cantidades inferiores. Las elevadas cantidades de hemicelulosa y lignina que presentan los ensilados de SF y ZEA+M, se mantienen también en la ingesta ruminal. La mayor presencia de CIDA en el zacate Taiwán, puede obedecer a la características de la planta forrajera. En general estos componentes de la ingesta ruminal, fueron diferentes y mantuvieron concentraciones relacionadas con la composición de las dietas.

CUADRO 24. COMPOSICION QUIMICA (% BS) DEL CONTENIDO RUMINAL DE VACAS CONSUMIENDO CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
PESO FRESCO, kg	82.0	82.1	85.8	87.3	1.91	a, b
MATERIA SECA	15.0	13.6	13.1	15.4	0.39	d, e
MATERIA SECA, kg	12.3	11.1	11.2	13.4	0.43	a, h
FDN ⁴	64.0	61.3	54.2	64.3	1.92	e, f, g
FDA ⁵	45.1	37.2	34.5	36.3	0.94	b, d, i
CELULOSA	33.6	27.0	24.7	25.7	1.00	b, d
HEMICELULOSA	18.9	24.1	19.7	28.0	1.52	a, i
LIGNINA	6.85	5.48	4.61	6.39	0.42	b
CIDA ⁶	2.76	6.03	5.69	4.52	0.56	b

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:

a ZEA+M vs Otros (P<0.01); d (P<0.05); g (P<0.1)

b SF vs ZT y ZT+M (P<0.01); e (P<0.05); h (P<0.1)

f ZT vs ZT+M (P<0.05); i (P<0.1)

4 Fibra detergente neutro.

5 Fibra detergente ácido.

6 Cenizas insolubles en detergente ácido.

La distribución del tamaño de partículas existentes en el rumen se presenta en el Cuadro 25. La mayor cantidad de partículas de 10 y 4.75 mm (P<0.05) encontradas en el contenido ruminal de los animales que consumieron ZEA+M, parece relacionarse con el mayor tamaño de partícula al que se cosechó este pasto.

CUADRO 25. PORCIENTO ACUMULATIVO DE PARTICULAS DEL CONTENIDO RUMINAL RETENIDAS A TRAVES DE UNA SERIE DE CRIBAS.

TAMAÑO DE CRIBA	SF ¹	ZT ¹	ZT+M ¹	ZEA+M ¹	EE ²	SC ³
10mm	11.0	16.8	17.3	23.9	2.61	d
4.75mm	21.2	25.0	25.1	31.4	2.70	d
2.36mm	38.5	34.4	34.0	41.7	2.97	
1.0mm	54.0	49.3	48.2	56.7	3.43	
0.6mm	69.7	65.5	63.2	70.3	2.71	
0.297mm	78.8	76.3	73.3	79.3	1.80	
0.150mm	83.4	82.3	79.3	84.1	1.52	
0.075mm	84.5	84.5	81.8	85.5	1.31	

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:
d ZEA+M vs Otros (P<0.05)

Los resultados de tiempo de recambio y tasa de paso ruminal determinados por CIDA y lignina se presentan en el Cuadro 26. En este caso, al usar CIDA los valores indican una tasa más rápida en el SF comparado con el ZT y ZT+M (P<0.05), mientras que al considerar la lignina como marcador la significancia fue menor (P<0.1). Es también notorio que las tasas son más rápidas al usar CIDA, especialmente en el caso del ZEA+M, lo cual estaría más acorde al alto consumo observado en esta dieta. De hecho los valores obtenidos con lignina parecen extremadamente lentos, comparados con los encontrados por Garza (1990), que encuentra

tasas de paso de 5.8 y 8.6 %/h para Yterbio y Oxido de Cromo en dietas altas en concentrado. Mientras que para dietas a base de heno de alfalfa y paja de trigo, Poore y col. (1990) encontraron tasas de 4.4 y 6.8 %/h respectivamente, cuando utilizaron tierras raras como marcador . Estos resultados parecen indicar que para estas mediciones, y en las condiciones del presente trabajo, las cenizas insolubles en detergente ácido resultó ser un mejor marcador que la lignina.

CUADRO 26. TIEMPO DE RECAMBIO Y TASA DE PASO (kp) DE DIETAS BASADAS EN CUATRO ENSILADOS.¹

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	EE ²	SC ³
Kp, %/h C ⁴	3.85	2.58	2.43	3.43	0.42	e
Kp, %/h L ⁴	2.75	2.07	2.45	2.40	0.22	h
RECAMBIO (h) C	25.9	38.8	41.1	29.1	3.90	e
RECAMBIO (h) L	36.3	48.2	40.8	41.6	3.21	h

1 SF, Sorgo forrajero; ZT, zacate Taiwán; ZT+M, zacate Taiwán más melaza y ZEA+M, zacate estrella de Africa más melaza.

2 EE: Error estándar.

3 SC: Significancia de los contrastes:
e SF vs ZT y ZT+M (P<0.05); h (P<0.1)

4 Las letras C y L se refieren a los resultados de tasa de paso y tiempo de recambio usando cenizas insolubles en detergente ácido (C) y lignina (L) como marcador.

En los hábitos de consumo de estas dietas, expresado en minutos por día, y que se presentan en el Cuadro 27, no se observaron diferencias en el tiempo utilizado para consumir y rumiar estos forrajes. Esto puede obedecer a que los 4 tratamientos son similares en el contenido FDN, ya que tienen

64.7 ± 1.41 (% MS); aunque también puede atribuirse este hecho a que fueron pocas (8) las observaciones realizadas en este experimento.

CUADRO 27. TIEMPOS DE CONSUMO Y RUMIA (minpor día) EMPLEADO POR VACAS CONSUMIENDO CUATRO ENSILADOS.1

	SF	ZT	ZT+M	ZEA+M	E.E
CONSUMO	263	330	345	348	40.4
RUMIA	587	418	408	575	60.3
CONSUMO Y RUMIA	850	748	753	923	84.8
DESCANSO	590	692	687	517	

CONCLUSIONES

- El alto contenido de humedad en el pasto Taiwán afectó las características de un buen ensilado.
- El zacate Taiwán se mejoró nuevamente por la adición de melaza.
- Los ensilados de zacate Taiwán fueron consumidos a un bajo nivel y produjeron pérdidas de peso. Esto se reflejó, a nivel ruminal, en una tasa de paso lenta y una alta digestibilidad. La digestión in situ fue también más extensa en estos forrajes, con una buena tasa de digestión, indicando que lo que limitó el valor de éstos fue su bajo consumo, pero no su grado de digestión.

- El ensilado de ZEA+M resultó en los mayores niveles de consumo observados y su digestibilidad fue aceptable, por lo que sostuvo un mayor nivel de producción y ganancias de peso. A nivel ruminal se observó un mayor llenado de material fresco o de MS, y una tasa de paso más rápida, lo que concuerda con los mayores consumos. La digestión in situ mostró una porción indigestible mayor y una tasa de digestión similar a los otros forrajes; la digestión de la fibra aparentemente no se vió afectada por un pH ruminal más bajo.

- El SF en su digestión in situ presentó una porción indigestible mayor que el Taiwán como resultado de su mayor lignificación, pero la tasa de digestión también fue similar a los otros ensilados, aunque se presentó un largo tiempo de latencia (o tiempo lag).

- El patrón de fermentación ruminal observado, correspondió a lo que sucede normalmente en una medición posprandial con dietas altas en forraje, y los valores de pH obtenidos indican que las condiciones ruminales para la digestión de fibra fueron adecuadas, lo cual concuerda con los datos de digestión in situ e in vivo obtenidos.

V. DISCUSION Y CONCLUSIONES GENERALES

DISCUSION GENERAL

Los resultados obtenidos en los dos experimentos permitieron hacer una evaluación del potencial de producción de los ensilados de SF, ZT, ZT+M y ZEA+M al ser ofrecidos a vacas lecheras en clima tropical, haciéndose además una estimación de su contenido de ENI. Se observó que la obtención de un nivel alto de consumo permite tener mejores producciones, siempre que la digestibilidad no se deprima marcadamente. El consumo se mejoró notablemente en el experimento 1 al usar melaza en el ZT, y se presume que ésta debió también mejorar el valor del ZEA+M. Sin embargo, en el experimento 2, el uso de melaza en el ZT mejoró las características fermentativas del ensilado, pero no compensó el hecho de que en este caso el forraje cosechado tenía demasiada humedad, por lo que el consumo fue bajo.

Como el consumo voluntario es de vital importancia para determinar el valor para producción de leche de un forraje, es importante analizar en más detalle los factores que lo determinaron en ambas pruebas. Los consumos observados en ambos experimentos son superiores a los indicados por el NRC (1989), con excepción de los obtenidos en el segundo experimento con el Taiwán alto en humedad. Sin embargo el NRC plantea en su más reciente edición (1989), que el consumo se ve afectado por el contenido de humedad de los alimentos cuando ésta excede al 50%, especialmente si éstos están fermentados. De acuerdo a esta

publicación el consumo disminuye en 0.02 unidades de por ciento del peso vivo por cada punto de de humedad en la dieta total por encima de 50%. La depresión del consumo con dietas que incluyen alimentos fermentados altos en humedad, puede ser el resultado de ácidos orgánicos, aminos y N-NH₃ o sus precursores en éstos alimentos (NRC, 1989).

Dado que en este estudio el nivel de humedad de las dietas varió de 50.2 a 68.5%, se consideró adecuado analizar este aspecto haciendo una regresión lineal, entre el contenido de humedad de las ocho dietas de ambos experimentos (X, ver Cuadros 6 y 16), y el consumo obtenido como % del peso vivo (Y, ver Cuadros 5 y 15). Los resultados de esta regresión con ocho observaciones fueron: $r = -0.805$, y la ecuación de regresión fue $Y = 2 - 0.044 X$, siendo altamente significativa ($P < 0.01$). Estas observaciones indican que al utilizar este tipo de forrajes ensilados la depresión en el consumo (-0.044) es más marcada que lo que indica el NRC. Es también muy notorio el hecho de que al usar esta ecuación para predecir el consumo con 50% de humedad, se obtiene un consumo del 3.24% del peso vivo, el cual es muy cercano al de 3.17% observado con el ZEA+M en el segundo experimento, que fue además el tratamiento donde se observaron los más altos consumos, y que tuvo una humedad de 50.2%.

Al analizar en detalle el decremento en el consumo que se obtuvo con cada dieta con respecto al obtenido con el ZEA+M del segundo experimento, se puede observar que el ZT+M del experimento 1, fue la excepción ya que solo bajó en 0.006

unidades por cada nivel de humedad por arriba de 50%; sin embargo este ensilado fue el de mejor calidad gracias a la adición de melaza. Cuando no se usa este valor para obtener la regresión antes descrita, la r es igual a -0.95 y la ecuación es $Y = 5.6 - 0.047 X$. Esta última observación indicaría que esta depresión en el consumo puede reducirse cuando la calidad del ensilado es superior.

Las observaciones de los ensilados antes descritas como es el bajo contenido de MS (menos de 20%) observado en el experimento 2 y la deficiente fermentación, indican que el factor humedad es más importante que el de la fibrosidad de la dieta para frenar el consumo voluntario. Otra observación importante es que el consumo de FDN obtenido con el ZEA+M en el segundo experimento (1.49% del peso vivo), sería el que estaría indicando la capacidad física máxima con estos animales, de acuerdo a lo indicado por Mertens (1985), y este valor es claramente superior al 1.2% indicado por este autor. En la Gráfica 3 del Apéndice se presenta los consumos de la dietas (% del peso vivo) con los ensilados de los dos experimentos.

CONCLUSIONES GENERALES

- El uso de melaza al momento de ensilar resulta útil para la conservación de forrajes tropicales, ya que promueve una mejor fermentación y consumo voluntario; sin embargo los forrajes deben tener inicialmente un nivel de materia seca de 30 a 40% para

que la melaza resulte más benéfica. Esto último hace pensar que el ZEA+M, también se favoreció con el uso de este aditivo, aunque no se tuvo una comparación directa.

- Las estimaciones de ENI efectuadas, permiten decir que al ensilar los zacates del estudio en condiciones adecuadas, se puede obtener un producto capaz de cubrir las necesidades energéticas para la producción de leche en el trópico.

- El consumo voluntario como % del peso vivo con dietas a base de ensilados tropicales fue superior a los valores indicados por el NRC para vacas produciendo alrededor de 12 kg/día. Este consumo se vió afectado por el contenido de humedad de la dieta, en forma similar a lo indicado por el NRC (1989), pero decreció en 0.044 a 0.047 unidades por cada unidad de humedad por arriba de 50%, lo cual es superior al decremento de 0.02 indicado por esta publicación. Como excepción, este decremento fue mucho menor cuando la fermentación en el ensilado fue adecuado.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, G.R. 1975. Dinámica de la fermentación de ensilaje de hierbas tropicales. 1. Elefante candelaria (*P. purpureum*) sin aditivos. Rev. Cubana Cienc. Agric., 9:235.
- Allison, C.D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: A Review. Journal of Range Management 38(4):305-311.
- Anderson, R.R., J.C Robert, J.G. Albert, C.H. William, J. Robert, L.L Bruce and H.T. Allen. 1985. Lactation. 1ª. ed. Bruce L. Larson. Iowa, USA.
- Andreo, C.S. y R.H. Vallejos. 1984. Fotosíntesis. Serie de biología, Monografía No 30. O.E.A., Washington, D.C. USA. p. 45-46.
- Baile, C.A., and W. H. Pfander. 1967. Ration density as a factor controlling food intake in ruminants. J.Dairy Sci., 50:77-80.
- Bath, D.L., F.N. Dickinson, H.A. Tucker and R.D. Appelman. 1985. Dairy cattle: principles, practices, problems, profits. 3ª. ed., Lea & Febiger, Philadelphia, USA. p. 456.
- Bores, R. y A. Castellanos. 1986. Características del ensilaje del pasto Taiwán adicionando diversas fuentes de nitrógeno. Tec. Pec. Méx., 50:160.

- Brahmakshatriya, R.D. and J.D. Donker. 1971. Five methods for determination of silage dry matter. J. Dairy Sci., 54: 1470-1474.
- Church, D. C. 1976. Digestive physiology and nutrition of ruminants. 2^a. ed., O & B. Books, Ed. Corvallis, Oregon, 97330, USA.
- Church, D.C. 1988. The ruminant animal digestive physiology and nutrition. 2^a. ed., Prentice hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Colucci, P.E. 1984. Comparative digestion and digesta kinetics in sheep and cattle. Ph. D. Thesis. The University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Conrad, H.R. 1966. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Physiological and physical factors limiting feed intake. J. Anim. Sci., 25:227.
- Dodds, D.L., L. Johnson and G. Fisher. 1985. Silage production and management. Cooperative Extension Service. North Dakota State University. 14 AGR., p. 9.
- Domínguez, G., C. Hardy y J.R. Ayala. 1982. Efectos de la edad de corte y niveles de miel fina en la calidad del ensilado del king grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*). Rev. Cubana Cienc. Agric., 16:89.

- Esperance, M. 1986. Algunas características fermentativas y valor nutritivo de los ensilados fabricados en la región occidental de Cuba. Pastos y Forrajes, 9:271.
- Esperance, M. y D. Díaz. 1985. Valor nutritivo y producción de leche en los ensilajes sin miel de guinea likoni, pasto estrella y king grass. Pastos y Forrajes, 8:297.
- Forbes, J.M. 1986. The voluntary food intake of farm animals. Butterworths, London.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen, 2ª ed. Inst. Geografía. UNAM., México, DF.
- Garza, J.D. 1990. Técnicas para realizar la fistulación y canulación del esófago y del rumen, En: Manual de técnicas de investigación en ruminología. 1ª ed., Consultores en producción animal, S.C., México, D.F., p. 235:239.
- Garza, J.D. and F.N. Owens. 1990. Diurnal variation in ruminal kinetics and variation among markers in heifers fed a high concentrate diet. Abst. Anim. Sci., 663.
- Glewen, M.J. and A.W. Joung. 1982. Effect of ammoniation on the refermentation of corn silage. J. Anim. Sci., 54:713.
- Grant, R.J. 1990. Impact of forage type, corn starch addition and buffer pH upon in vitro digestion kinetics of neutral detergent fiber. University of Nebraska, Madison. USA.

- Hinds, M.A., K.K. Bolsen, J. Brethour, G. Milliken and J. Hoover. 1985. Efecct of molasses/urea and bacterial inoculant additives on silage quality, dry matter recovery, and feeding value for cattle. Animal Feed Science and Technology, 12: 205-214.
- Jackson, N. and T.I. Forbes. 1970. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. Anim. Prod., 12:591.
- Jiménez, M.A. 1989. La producción de forrajes en México. 1ª. ed., Universidad Autónoma de Chapingo, México, DF., p. 15.
- Jung, H.G. and K.P. Vogel. 1986. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. J. Anim. Sci., 62: 1703-1712.
- Kawas, J.R. 1984. Significance of fiber level on nutritive value of alfalfa hay-based diets for ruminants. Ph.D. Thesis. University of Wisconsin, Madison, U.S.A.
- Luis Lissette y M. Ramírez. 1985. Estudios de los principales grupos de microorganismos presentes en los ensilajes de pasto estrella jamaicano (*Cynodon nlemfluensis*) y su relación con los parámetros bioquímicos. Pastos y Forrajes, 8:141.
- Luis Lissette y M. Ramírez. 1988. Estudio de algunos indicadores bioquímicos y microbiológicos en ensilaje de CRA-265. Pastos

y Forrajes, 11:88.

Luis Lissette y M. Ramírez. 1989. Análisis de los cambios ocurridos en ensilajes de king grass a nivel de laboratorio y de silos pilotos. Pastos y Forrajes, 12:83.

Mannetje, L. 1983. Nutritive value of tropical and subtropical pastures, with special reference to protein and energy deficiency in relation to animal production. In: Herbivore nutrition in the subtropics and tropics. The Science Press. South Africa. p. 51-66.

María Da Cruz, G. & D. Vilela. 1987. Evaluation of elephant grass (*P. purpureum*) silage for milk production. Nutr. Abs. and Reviews, vol. 57 No 3, 1232.

McCullough, M.E. 1973. Optimum feeding of dairy animals. 2^a. ed., Athens. Georgia, USA.

McCullough, M.E. 1977. Factors influencing the net energy content of silages. World Rev. of Anim. Prod., Vol. XIII. No 2:83.

Menocal, S.E. y F.J.L. Dávalos. 1990. Concepción, estructura, y consideraciones generales del proyecto de investigación, diagnóstico integral de la ganadería bovina en el trópico Mexicano. SARH., INIFAP., CONACYT-PAIEPEME., p. 22.

Mertens, D.R., 1982. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations. Proceedings for the Georgia Nutrition

Conference.

- Mertens, D.R., 1983. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Syracuse, N.Y., p. 60-68.
- Mertens, D.R. 1985. Effect of fiber on feed quality for dairy cows. In: Proc. 46th Minn. Nutr. Conf. St. Paul. University of Minnesota., p. 209-224
- Moe, P.W., W.P. Flatt and H.F. Tyrrell. 1972. Net energy value of feeds for lactation. Journal of Dairy Science. Vol. 55, No 7.
- Moser, L.E. 1980. Quality of forage as affected by post-harvest storage and processing. In: Crop quality , storage, and utilization. Amer. Soc. of Agrn. and Crop Sci. Soc. of Am., Segoe. Road, Madison, WI 537111., p. 227-257.
- NRC., 1989. Nutrient requirements of domestic animals. N.3. nutrient requeriments of dairy cattle. Sixth, revised. Ed., update. National Academy of Sciences. National Research Council, Washington, D.C.
- Ojeda, F. 1988. Valor nutritivo de forrajes tropicales conservados como ensilajes. Pastos y Forrajes, 11:199.
- Ortega, J.A. 1986. King grass y Taiwán una alternativa de solución al problema de escasez de forraje en regiones

- tropicales. En: Actualización sobre producción de forrajes en la costa del Pacífico. INIFAP., p. 1-22.
- Ortiz, O.G. 1988. Manipulación de la fermentación en forrajes tropicales, pasto merkerón (Pennisetum purpureum x pennisetum phaseoloides). Tesis de Maestro en Ciencias. FES-Cuautitlán, UNAM.
- Oser, B.L. 1965. Hawk's physiological chemistry. Book Company copyright. Fourteenth edition. U.S.A.
- Poore, M.H., J.A. Moore, T.P. Eck and R.S. Swingle. 1990. Influence of sorghum grain processing and forage fiber source on passage of rare earth labeled feed particles and cobalt EDTA through lactating Holstein cows. Abst. Anim. Sci., 739.
- Ramírez, F. 1986. Utilización de forrajes anuales en el trópico. En: Actualización sobre producción de forrajes en la costa del Pacífico. Tecuala-INIFAP., p. 1-29.
- Ramírez, F.J. 1989. Determinación del valor nutricional de ensilajes de rastrojo de maíz y melaza acondicionados de excretas animales en ovinos con o sin implante de Zeranol. En: La melaza como recurso alimenticio para producción animal. GEPLACEA. PNUD. México, DF., p. 249-254.
- Satter, L. D. and L. L. Slyter, 1974. Effect of ammonia concentration of rumen microbial protein production in vitro. Br.J.Nutr., 32:199.

- Schave, L.M., W.C. Ellis, W.A. Suárez and J.K. Riggs. 1981. Presentation of sorghum plant portions harvested, processed and ensiled at ten stages of maturity. *Ani. Feed Sci. and Tec.*, 7:257.
- Shaver, R.D., R.H. Erdman, A.M. O'Connor and J.H. Vandersall. 1985. Effects of silage pH on voluntary intake of corn silage and alfalfa haylage. *J.Dairy Sci.*, 68: 338-346.
- Shaver, R.D., L.D. Satter and N.A. Jorgensen. 1988. Impact of forage content on digestion and digesta passage in lactating ndairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:1556-1565.
- Shaver, R.D. 1990. Silage and hay preservation: Role of additives. Extension nutritionist. Departament of Dairy Sci. University of Wisconsin-Madison.
- Shimada, A.S. 1990. Técnicas para evaluar forrajes en forma ensilada. 1ª ed., En: Consultores en producción animal. México, DF., p. 202-203.
- Shimada, A.S., G.f. Rodríguez y J.A. Cuarón, 1986. Engorda de ganado bovino en corrales. 1ª ed., Editado por Consultores en producción animal S.C., México, DF., p. 98.
- Steel y Torrie. 1988. *Bioestadística. Principios y procedimientos*, McGraw Hill. Interamericana, México, DF.

- Tejada de H.I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de los ingredientes utilizados en la alimentación animal. PAIEPEME . SARH. INIFAP. México, D.F.
- Thonney, M.L., D.J. Duhaime, P.W. Moe and J.T. Reid. 1979. Acid insoluble ash and permanganate lignin as indicators to determine digestibility of cattle rations. J. Anim. Sci. 49:1112.
- Tosi, H., I.A. Bonassi, A.C. Silveira y V.P. De Faria. 1983. Avaliação química de silagens de capim-elefante cultivar, Taiwan A-148. Pesq. Agropec. bras., Brasília., 18 (1): 67-72.
- Van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. J. Anim. Sci., 26: 119-128.
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminants. O and Books, Inc., Corvallis, Oregon, 97330, U.S.A.
- Van Soest, P. J. 1989. Buffering capacity and quality of fiber and other carbohydrates. Proc. Cornell University Ithaca, NY. USA. p.17.
- Van Soest, P. J., D. G. Fox, D. R. Mertens and C. J. Sniffen, 1984. Discounts for net energy and protein. Fourth revision. Cornell Nutr. Conf. pp. 121-136.
- Van Soest, P. J. and D.R. Mertens. 1984. The use of NDF verses

ADF in balancing dairy rations. Monsanto Technical Symposium . Fresno, C.A. Nutr. Chem. Div. Monsanto, Co. St. Louis Mo. p. 75-93.

Van Soest, P.J. and J.B. Robertson. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Cornell University. U.S.A.

Vega, S. y M. Esperanza. 1984. Sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*). Pastos y Forrajes, 7:1.

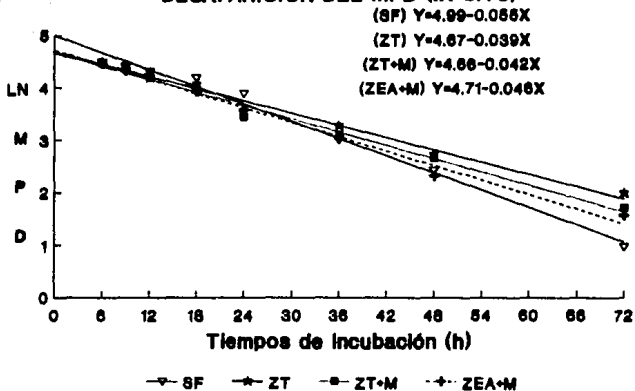
Welch, J.G. 1982. Rumination, particle size and passage from the rumen. J. An. Sci., 54:885.

Wildman, E.E., G.M.Jones, P.E.Wagner, R.L.Boman, H.F.Troutt, Jr. and T.N.Lesch. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its in relationship to selected production characteristics. J. Dairy Sci., 65:495-501.

Wilkinson, J.M. 1983. El proceso de ensilado e influencia en su valor alimenticio de los forrajes ensilados de clima tropical y templado. Rev. Mundial de Zoot., 45:36-42.

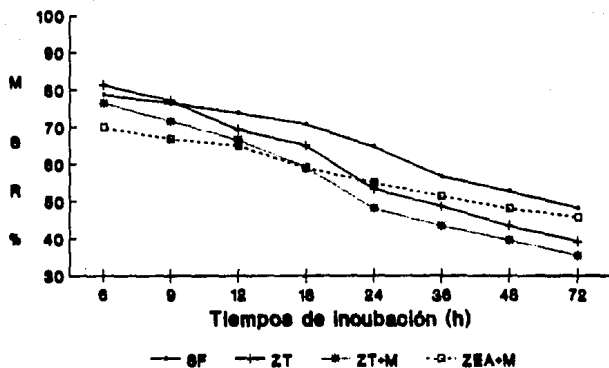
Woolford, M.K. 1984. The silage fermentation. Marcel Denkker, INC., U.S.A.

GRAFICA 1
DESAPARICION DEL MPD (IN SITU)



LN MPD: log natural del material potencialmente digestible

GRAFICA 2
RESIDUOS DE LA DIGESTION IN SITU



MR% = Materia seca residual %

GRAFICA 3
EFFECTO DE LA HUMEDAD DE LA DIETA EN EL CONSUMO
VOLUNTARIO DE VACAS RECIBIENDO ENSILADOS
DE ZACATES TROPICALES

