



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

11662

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

2
2ej.

EFFECTO DE NIVELES DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO EN EL
CONCENTRADO, SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO
Y LA CINETICA RUMINAL DE VACAS LECHERAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN NUTRICION ANIMAL

PRESENTA

OCTAVIO PEREZ LEZAMA

ASESORES

DR. GERARDO LLAMAS LAMAS

DR. PEDRO GARCES YEPEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

257730

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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 evaluar el efecto de incluir niveles crecientes de Fibra Detergente Neutro (FDN) en el concentrado, sobre producción y calidad de la leche, consumo y digestibilidad aparente de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y fracciones de fibra; además de algunas variables ruminales de vacas en lactación; en las instalaciones del Campo Experimental "La Posta" de Paso de Toro, Ver. se llevaron a cabo dos experimentos, en los cuales el porcentaje de FDN de los tratamientos fue de 13.24 (T1), 20.97 (T2), 28.70 (T3) y 33.44 (T4) % (BS). En el primer experimento se emplearon ocho vacas con 90 ± 28 días en lactación, con peso promedio de 479 ± 36 kg, alimentadas individualmente con ensilado de sorgo forrajero (Sorghum bicolor sudanense, var "Beef builder") como base de su dieta, estableciendo una relación forraje:concentrado de 60:40. El diseño utilizado fue de cuadrado latino repetido, con períodos experimentales de 21 días. La información generada se analizó por ANDEVA para el diseño correspondiente. La producción y calidad de la leche no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre los tratamientos: 8.28, 8.58, 8.18 y 8.63 kg/día y 3.42, 3.43, 3.48 y 3.35 % de grasa para T1, T2, T3 y T4 respectivamente. No se encontró diferencia estadística ($P > 0.05$) para el consumo de MS y MO siendo la media general de 11.63 ± 0.80 y 10.50 ± 0.72 kg/día respectivamente; el consumo total de FDN fue mayor ($P < 0.05$) en T4 vs T1, T2 y T3 (6.86^b vs 5.82^a , 6.09^a y 6.19^a); el consumo total de fibra detergente ácido (FDA) fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$) 3.93^a , 4.20^{ab} , 4.32^b y 4.74^c kg/día para T1, T2, T3 y T4 respectivamente. El consumo de MS como porcentaje del peso vivo no presentó diferencia estadística siendo en promedio de 2.45 ± 0.15 %, mientras que el consumo de FDN (1.23^a , 1.28^a , 1.30^a y 1.42^b) como porcentaje del peso vivo fue diferente ($P < 0.05$). La digestibilidad aparente de la MS (55.2^a , 52.1^b , 50.0^c y 48.1^c %) y MO (58.6^a , 56.0^b , 53.7^c y 52.6^c) decreció a medida que se incrementó el porcentaje de FDN en los concentrados experimentales ($P < 0.05$), mientras que, la digestibilidad aparente de la FDN y la FDA no se afectaron de manera significativa ($P > 0.05$) resultando en promedio de 40.4 ± 2.80 % y 34.7 ± 2.24 % respectivamente. En el segundo experimento se utilizaron cuatro vacas fistuladas al rumen con 160 ± 22 días en lactación, peso promedio al inicio del experimento de 452 ± 49 kg; la alimentación de las vacas se llevó a cabo en la misma forma que la prueba anterior. El diseño experimental fue de cuadrado latino simple, con períodos experimentales de 21 días. Además de las variables estudiadas en el primer experimento se estudiaron y analizaron el pH ruminal en la fase líquida y sólido-líquida del contenido ruminal; encontrando diferencia estadística

significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos para la fase líquida (6.63^{ab}, 6.58^b, 6.73^b y 6.68^{ab} para T1, T2, T3 y T4 respectivamente). La variación del pH a las 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas después de ofrecer el alimento se mantuvo estable entre tratamientos. Las variables correspondientes al contenido ruminal y su composición química: peso fresco (63.1±6.0 kg), volúmen (67.6±10.8 litros), MS (13.1±0.1 %), MS total (8.2±0.8 kg), PC (16.5±0.8 %), MO (88.0±1.5), FDN (73.9±1.82 %), FDA (47.4±2.2 %) y lignina (11.5±0.7 %), fueron similares para todos los tratamientos ($P > 0.05$). Los parámetros de la digestibilidad in situ de la MS del ensilado de sorgo forrajero no resultaron ser diferentes entre sí ($P > 0.05$), al realizarse ésta en los diferentes ambientes ruminales creados por la suplementación con concentrados con niveles crecientes de FDN (tasa de digestión, %/hora 3.05, 3.27, 3.46 y 3.65) y (tiempo lag 16.75, 14.89, 13.60 y 13.52 hs). La digestibilidad in situ de los concentrados alto y bajo en FDN fue diferente ($P < 0.05$) para la fracción soluble (23.7^a vs 16.6^b % BS), la fracción indigestible (33.7^a vs 7.8^b % BS), fracción potencialmente digestible (43.0^a vs 75.5^b % BS), tasa de digestión (7.0^a vs. 4.8^b %/h) y el tiempo de retraso de la digestión (5.2^a vs 3.7^b hs). De los resultados obtenidos se concluye que la utilización de niveles crecientes de FDN en el concentrado no tuvo efectos negativos sobre el comportamiento productivo a pesar de una disminución en la digestibilidad aparente de la MS. La FDN ejerce un efecto positivo como amortiguador del pH ruminal, favoreciendo con ello su estabilidad y buen funcionamiento, sin deterioro de los parámetros productivos.

CONTENIDO

	PAGINA
RESUMEN.....	i
CONTENIDO.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE GRAFICAS.....	vi
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	19
MATERIAL Y METODOS.....	20
PRUEBA DE LACTACION.....	21
Objetivos específicos.....	21
Animales.....	21
Diseño experimental.....	22
Alimentación.....	22
Manejo.....	22
Variables.....	23
Toma de muestras.....	24
Análisis estadístico.....	30
Resultados y discusión.....	31
Conclusiones.....	41
PRUEBA METABOLICA.....	42
Objetivos específicos.....	42
Animales.....	43
Diseño experimental.....	43
Alimentación.....	43
Manejo.....	44
Variables.....	44
Toma de muestras.....	44
Prueba de digestibilidad <u>in situ</u>	47
Análisis estadístico.....	49
Resultados y discusión.....	51
Conclusiones.....	68
CONCLUSIONES GENERALES.....	69
LITERATURA CITADA.....	74
APENDICE.....	88

LISTA DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Composición de los concentrados utilizados en las pruebas de lactación y metabólica.....	28
2	Composición química del ensilado de sorgo forrajero utilizado en la prueba de lactación y prueba metabólica.....	29
3	Consumo de materia seca, materia orgánica y proteína cruda, por vacas alimentadas con ensilado de sorgo y concentrados con niveles crecientes de FDN.....	36
4	Consumo promedio de fracciones de fibra, por vacas alimentadas con ensilado de sorgo forrajero y concentrados con niveles crecientes de FDN.....	37
5	Efecto de alimentar diferentes niveles de FDN en el concentrado, sobre la producción y composición de la leche en vacas consumiendo ensilado de sorgo forrajero como base de su dieta.....	38
6	Digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fracciones de fibra en vacas alimentadas con niveles crecientes de FDN en el concentrado y sorgo forrajero.....	39
7	Cambio de peso y condición corporal de vacas alimentadas con sorgo forrajero y concentrados con niveles crecientes de FDN.....	40
8	Consumo de materia seca, materia orgánica y proteína cruda por vacas alimentadas con ensilado de sorgo forrajero y concentrados con niveles crecientes de FDN.....	60
9	Consumo de fracciones de fibra, por vacas alimentadas con ensilado de sorgo forrajero y concentrados con niveles crecientes de FDN.....	61
10	Efecto de alimentar diferentes niveles de FDN en el concentrado, sobre la producción y composición de la leche en vacas consumiendo ensilado de sorgo forrajero como base de su dieta.....	62

11	Efecto de alimentar diferentes niveles de FDN en el concentrado, sobre la digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fracciones de fibra en vacas consumiendo ensilado de sorgo forrajero como base de su dieta	63
12	Valores promedio del pH de las fases líquida y sólida-líquida del contenido ruminal de vacas alimentadas con niveles crecientes de FDN en el concentrado y ensilado de sorgo forrajero.....	64
13	Características del contenido ruminal de vacas alimentadas con ensilado de sorgo forrajero y concentrados con niveles crecientes de FDN.....	65
14	Parámetros de la digestibilidad <u>in situ</u> (%BS) del ensilado de sorgo forrajero en cuatro ambientes ruminales.....	66
15	Parámetros de la digestibilidad <u>in situ</u> de los concentrados bajo y alto en fibra detergente neutro.....	67

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA		PAGINA
1	Variación del pH a diferentes horas en la fase líquida del contenido ruminal, por efecto del consumo de concentrados con niveles crecientes de fibra detergente neutro.....	70
2	Variación del pH a diferentes horas en la fase sólida-líquida del contenido ruminal, por efecto del consumo de concentrados con niveles crecientes de fibra detergente neutro.....	71
3	Degradación in situ de la materia seca del ensilado de sorgo forrajero.....	72
4	Degradación in situ de la materia seca de los concentrados alto y bajo en FDN.....	73

**EFFECTO DE NIVELES DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO EN EL
CONCENTRADO, SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y LA CINETICA
RUMINAL DE VACAS LECHERAS**

INTRODUCCION

En la actualidad, aumentar la producción de satisfactores alimenticios que demanda una población en aumento, es un reto ineludible para la agricultura y la ganadería mundiales. En América Latina, la mayoría de los países enfrentan un creciente déficit en la producción de alimentos, entre los que destaca la leche. Esto propicia que se lleven a cabo importaciones masivas de este producto, con el consecuente deterioro de la balanza de pagos del país en cuestión (Fernández-Baca, 1992).

En el año de 1990, la producción mundial de leche fue estimada en 440 millones de toneladas, es decir, un promedio de 1.2 millones de toneladas diarias, equivalentes a 232 mililitros diarios per cápita (considerando 5.2 mil millones de habitantes en el planeta) (Riesco, 1992). El Trópico Americano contribuye con 7.6 % de la producción mundial de leche con 32.8 millones de toneladas al año; es decir, 89 900 toneladas diarias. Brasil y México liderean la producción de leche en el Trópico Americano, con 46.2 y 19.9 % respectivamente (FAO, 1991; Riesco, 1992).

En términos generales, el volúmen de leche proveniente de los diferentes sistemas de producción de bovinos en México, resulta insuficiente para cubrir la demanda nacional; aún cuando en 1991 la producción alcanzó 5.83 millones de litros de leche.

La importancia de la ganadería en México, queda de manifiesto si se considera que 118 millones de hectáreas (60 % del territorio nacional) corresponde a superficies de apacentamiento (SPP, 1986; SARH, 1990).

Las áreas destinadas a la producción pecuaria en la región tropical de México, representan el 9.6 % del total y comprenden los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Quintana Roo, Tamaulipas, Tabasco, Veracruz y Yucatán. De la superficie total de la región tropical (51 276 800 ha), aproximadamente el 37 % (18 972 416 ha) se destinan a la producción pecuaria, el 12 % (6 153 216 ha) a la agricultura, 33 % (16 921 344 ha) a la forestería y un 18 % (9 229 824 ha) a otros usos, que incluyen cuerpos de agua, áreas urbanas, áreas perturbadas y sin uso aparente (González, 1993).

En México, se distinguen tres sistemas de producción de leche: 1) ganadería lechera especializada, que se desarrolla en áreas templadas, áridas y semiáridas y cuenta con alrededor de 470 000 cabezas (8 % del inventario nacional); 2) lechería de tipo familiar, esta se ubica en ambientes similares a los anteriores y contribuye con alrededor de 1 170 000 cabezas (25 %) y 3) sistemas tropicales de doble propósito que se localizan primordialmente en el trópico seco y húmedo con un inventario aproximado de 3 900 000 cabezas (67 %) (FIRA, 1991).

La mayor parte de la población de bovinos en el trópico es resultado de una mezcla de diferentes razas, entre las que destacan las de tipo cebuino y en menor proporción las de origen europeo. Esto se traduce en un potencial genético limitado para la producción de leche (Román, 1992).

Las condiciones tropicales imponen en el ganado limitaciones directas para la producción de leche y carne, debido a la tensión producida por temperaturas elevadas, la alta humedad relativa, la radiación solar intensa y el desarrollo de vectores de algunas enfermedades y las parasitosis. Otro de los factores que de manera indirecta afectan el comportamiento de los animales para la producción de carne y leche en clima tropical, es la disponibilidad del forraje; determinada ésta por la estacionalidad de la época de lluvias y la diversidad en los tipos de suelos (González, 1982).

Dirven (1976) señala que la producción de forraje se liga de manera estrecha con algunos factores climáticos como son: temperatura, intensidad de la luz y duración del día, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación pluvial. Los factores de manejo de la pradera: estado de crecimiento y fertilización, afectan directamente la composición química y la digestibilidad de los pastos.

Los pastos, forrajes y sus formas conservadas constituyen la principal fuente de alimentación de la vaca lechera en el trópico; en la actualidad representan mas del 70 % de los alimentos que se les ofrecen. La vaca lechera en las regiones tropicales depende de los pastos en el período lluvioso y de los forrajes y sus formas conservadas en el período seco. Sin embargo, la productividad y la calidad que se obtienen de estos son bajas, en comparación con su potencial, principalmente en las áreas de pastoreo.

Varios trabajos han demostrado que, desde el punto de vista nutricional, la principal limitante que presentan los pastos tropicales para la producción de leche es el bajo aporte de energía que tienen para los animales. Sin embargo,

en diferentes condiciones, otros nutrimentos y principalmente la proteína bruta, pueden convertirse en elementos limitantes para la producción de leche al disminuir el consumo de alimento (García, 1986; Coto, 1986).

El valor nutritivo del forraje puede ser definido como la respuesta en producción de leche o carne del animal por unidad de alimento consumido (Funes et al., 1986). Sin embargo, la producción que puede alcanzar un animal cuando se alimenta con pastos estará determinada por las interacciones que existen entre los constituyentes del pasto, la microflora ruminal, el desarrollo fisiológico del animal y el ambiente, lo que está condicionado en gran medida por el balance de nutrimentos y su consumo (Funes et al., 1986).

En condiciones en que existe una amplia disponibilidad de pasto de buena calidad, la vaca debe lograr un alto consumo voluntario de materia seca (MS). La adición de concentrado implica un intento por incrementar el consumo total de nutrimentos. Sin embargo, se ha demostrado que existe una sustitución de la materia seca ingerida como pasto por la materia seca ingerida como concentrado en magnitudes variables. En estas circunstancias, la respuesta en producción será pobre o variable o sea, se ha hecho una suplementación con concentrado al pasto (Martínez y García, 1986).

Cuando hay una pobre disponibilidad de pasto, la vaca consumirá por debajo de su potencial de consumo voluntario. La adición de concentrado logra incrementar el consumo total de nutrimentos en la dieta. En estas circunstancias, la sustitución de un material por otro es insignificante y la respuesta a la suplementación es alta, pues ha ocurrido una complementación de la ración (Martínez y García, 1986).

La producción de leche debe ser una actividad que permita la máxima rentabilidad de la empresa pecuaria. Esto obliga al productor a utilizar los alimentos más económicos que satisfagan las necesidades nutricionales de los animales. En el caso del ganado lechero, existen diversos métodos y sistemas de alimentación, sin embargo, éstos no poseen ni siguen un indicador directo y fácil de aplicar que asegure el suministro adecuado de nutrimentos. Esto se debe a la naturaleza del rumiante y principalmente a la gran diversidad y variación en la calidad del forraje, granos y otros subproductos agrícolas que son utilizados en la formulación de raciones (Cabello, 1982).

En el trópico mexicano es factible lograr incrementos sustanciales en producción de leche en el mediano y largo plazo; siempre que, para lograr tal objetivo se tomen en cuenta los factores más limitantes. Una vez que estos han sido plenamente caracterizados y analizados, servirán para generar las técnicas de manejo y alimentación apropiadas que conlleven a la resolución de la problemática de la ganadería bovina de las áreas tropicales en México.

ANTECEDENTES

Entre los animales que mayor beneficio aportan al hombre se encuentran los rumiantes. La nutrición de éstos presenta particularidades respecto al resto de los mamíferos, ya que en el rumen coexisten millares de especies de microorganismos cuya acción hace posible la utilización de moléculas complejas como la celulosa y la hemicelulosa contenidas en el alimento (Blaxter, 1964; Hungate, 1966; Van Soest and McCammon-Feldman, 1980).

Las secreciones digestivas de la mayor parte de los animales carecen de las enzimas capaces de degradar la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. Los organismos que atacan estas sustancias son en su mayoría bacterias u hongos.

La habilidad de los rumiantes para utilizar celulosa, hemicelulosa y pectina como alimento depende de la capacidad de los microorganismos gastrointestinales para degradar estas sustancias y de la habilidad del herbívoro hospedero para utilizar a estos microorganismos y sus productos finales.

Entre los rumiantes, la vaca lechera es particularmente eficiente en transformar al nitrógeno y la energía de su dieta en leche (Pérez,1983). Los rumiantes poseen además características fisiológicas especiales que les permiten, entre otras cosas, utilizar nitrógeno no proteico, sintetizar las vitaminas del complejo B y utilizar como fuentes de energía materiales con alto contenido de fibra. Estas cualidades le confieren una virtud muy importante, ya que no representa una competencia directa con el hombre (Van Soest y McCammon-Feldman, 1980). Los nutrimentos disponibles para el herbívoro a partir de la fermentación gastrointestinal incluyen a los microorganismos y sus productos reducidos, con la excepción del metano. Los ácidos grasos volátiles como fuente de energía están disponibles a través de la oxidación aeróbica.

Cuando algunos de los carbohidratos disponibles pasan a la parte baja del tracto digestivo, la fermentación tiende a ser de tipo láctico mayormente y propiónica en menor grado. La elevada acidéz y la rápida fermentación asociada con el almidón tienen especial efecto sobre la calidad física de la fibra insoluble, proceso en donde influyen el tamaño de partícula y la capacidad amortiguadora del pH (Van Soest,

1985a; Van Soest et al., 1991).

La productividad de un animal depende de la cantidad diaria de nutrimentos que reciba del alimento. Cuando la dieta basal está constituida en su totalidad por forraje, el comportamiento productivo del rumiante será de moderado a bajo, dependiendo de la calidad del forraje.

La calidad nutricional de un forraje es afectada por factores propios de la planta, como son la especie, el grado de madurez, su composición química y sus características físicas (Silveira et al., 1981; Van Soest, 1982). El contenido de fibra varía como respuesta a los efectos del medio, como son la época del año, la temperatura, la humedad, las horas luz, las labores culturales y la fertilización, entre otros (Van Soest et al., 1978; Van Soest, 1982).

La cantidad y calidad del pasto, el consumo, y la conversión que el animal haga, son factores determinantes en la producción. Estos factores son afectados directamente por el sistema de pastoreo, la carga animal y el tipo de ganado (Mc Meekan, 1956).

Las propiedades físicas y químicas del forraje determinan su valor nutritivo y consumo. Los constituyentes químicos del forraje se clasifican en dos grupos: a) el contenido celular y b) la pared celular, también llamada "lignocelulosa" (Weston y Hogan, 1975). El contenido celular está formado por carbohidratos solubles en agua, lípidos, proteínas, ácidos orgánicos y minerales. La pared celular representa del 30 al 85 % de la materia seca de un forraje, está compuesta de polisacáridos (celulosa y hemicelulosa) y de lignina entre otros compuestos (Weston y Hogan, 1975; Van Soest et al., 1978; Van Soest, 1982).

Las plantas contienen carbohidratos en diferentes estados de polimerización, que van desde monosacáridos hasta polímeros de alto peso molecular como el almidón, la celulosa, la hemicelulosa y la pectina. Los últimos tres están integrados en la matriz de la pared celular, por lo que se les denomina carbohidratos estructurales. Algunas de sus características importantes son: la fibrosidad del alimento, no están disponibles para el metabolismo energético de la planta, son insolubles en agua y para los rumiantes poseen una fermentabilidad potencial lenta y limitada (Pichard y Alcalde, 1990).

Considerando las características de la pared celular, la división más importante es entre plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, representadas por pastos y por leguminosas respectivamente. La fibra de las leguminosas es baja en hemicelulosa y alta en pectina, mientras que la pectina en pastos llega a considerarse prácticamente sin importancia (Van Soest, 1985b). Con frecuencia, las leguminosas tienen un alto contenido de lignina en comparación con pastos de similar digestibilidad (Jung y Fahey, 1983).

La cantidad de fibra y su composición pueden variar entre diferentes partes de una misma planta. Por lo general, las hojas son más bajas en su contenido de fibra en comparación con los tallos, pero este contraste relativo suele ser mucho más grande en leguminosas que en pastos, dado que las hojas de estas contienen una cantidad considerable de lignina en las estructuras de soporte (Van Soest, 1985b).

Los carbohidratos que no forman parte de la pared celular se denominan carbohidratos no estructurales (CNE). Son compuestos activos en el metabolismo de la planta, que se almacenan en los órganos de reserva y están formados

principalmente por azúcares libres, almidón y fructosanas. En la planta, este grupo constituye la reserva energética para su metabolismo y crecimiento (Pichard y Alcalde, 1990).

El total de la fibra del forraje está representado por sus paredes celulares (Seoane, 1982; Llamas y Tejada, 1990), constituye la fracción voluminosa del mismo, y es la materia estructural de las plantas, no puede ser digerida por enzimas secretadas dentro del estómago e intestinos de los animales (Mertens, 1985b; Van Soest, 1985a) y juega un papel fisiológico importante en el animal relacionado con el movimiento del residuo del alimento a través del tubo gastroentérico (Mertens, 1980). Desde un punto de vista nutricional, la fibra representa la limitante para el proceso digestivo, pues al requerir de espacio en el tracto digestivo limita el consumo; por tanto, es necesaria la masticación (durante la ingestión o la rumia) para reducir el tamaño de partícula (Mertens, 1985a; Beauchemin y Buchanan-Smith, 1989). La disminución del tamaño de partícula es también necesaria para permitir el paso del alimento del rumen al resto del tracto gastrointestinal (Colucci et al., 1982).

La masticación y la rumia promueven la secreción de saliva que posee capacidad amortiguadora para regular la acidéz del rumen (Bartley, 1976; Orskov, 1986; Beauchemin, 1991; Van Soest et al., 1991). En adición a los efectos de masticación y rumia, la fermentación ruminal juega un papel muy importante en la reducción del tamaño de la partícula (Steg et al., 1985).

En caso de que existan algunos factores que limiten la reducción del tamaño de la partícula o la degradación de los alimentos por los microbios del rumen, el consumo voluntario se reduce. Para que esto no suceda, es necesario optimizar la

tasa de desaparición de la ingesta en el rumen. Por lo general, el consumo de forraje se incrementa después de la reducción del tamaño de partícula por troceado, molido o peletizado. Estas partículas pequeñas, debido al incremento del área superficial, son más rápidamente atacadas por los microbios del rumen incrementando con ello la tasa de pasaje de la ingesta. El efecto más importante se da sobre el consumo voluntario, siendo considerablemente mayor en forrajes maduros, forrajes menos digestibles y con partículas pequeñas (Steg et al., 1985).

Los primeros intentos por analizar la fibra en los alimentos fueron realizados por Einhof en 1806. Su método consistía en la maceración del material en agua seguida por una filtración con tela (Van Soest, 1985a; Pichard y Alcalde, 1990). Los valores encontrados al utilizar el método de la maceración corresponden a los que en la actualidad se conocen como Fibra Detergente Neutro (FDN) (Van Soest, 1985a).

Diversos investigadores se han dedicado al estudio de las fracciones de la fibra de los alimentos. Los métodos para las determinaciones de lignina y celulosa, fueron propuestos por Armitage et al. (1948) y, Crampton y Maynard (1938). La Fibra Normal Ácida (FNA) fue desarrollada a partir de los trabajos de Norman (1935). Las fracciones de hemicelulosa y pectina como el total de la pared celular fueron propuestos por Paloheimo y Paloheimo (1949), Hardwood (1954) y Gaillard (1958).

Las dificultades e inconvenientes de la mayor parte de estas técnicas fueron su lentitud y el alto contenido de Nitrógeno que se obtenía, producto de contaminación. La FNA ofrecía una determinación rápida en el laboratorio pero sufría particularmente de contaminación por proteína. Estos problemas

se redujeron de manera considerable con la aparición de los métodos de aislamiento de la fibra mediante el uso de detergentes (Van Soest, 1985a).

Con el objetivo inicial de evaluar forrajes para rumiantes, en la década de los sesentas, Van Soest y colaboradores desarrollaron en Beltsville, Maryland, USA. el análisis de fibra con detergente (Van Soest, 1963; Van Soest y Wine, 1967; Goering y Van Soest, 1970), con base en el concepto de Entidad Nutritiva de Lucas y Smart (1959).

El análisis de forrajes por el sistema de fracciones de fibra, se basa en la separación en dos fracciones o entidades (una soluble y otra insoluble) de acuerdo con su composición química y valor nutritivo, y es realizada mediante el empleo de detergentes (Van Soest y Wine, 1967). La fracción soluble es conocida como "contenido celular" e incluye proteína, grasa, almidón, carbohidratos solubles, pectina, taninos y cenizas solubles. Estos componentes del contenido celular tienen una digestibilidad verdadera cercana al 100 %. La fracción insoluble, es conocida también como "pared celular" (Van Soest, 1985a) e incluye celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas insolubles. La pared celular es siempre menos digestible que el contenido celular, pero esa digestibilidad varía entre los alimentos, especialmente en forrajes donde su disponibilidad depende del grado de lignificación de la planta (Van Soest, 1967; Jung y Fahey, 1983).

La pared celular de la planta es comunmente considerada como una matriz insoluble que tiene efectos físicos en el rumen y sobre la fermentación ruminal (Van Soest et al., 1991).

Algunos autores manifiestan que los llamados carbohidratos fibrosos no son digeridos por las enzimas de

algunos mamíferos, no producen azúcar como metabolito, y son considerados indisponibles. Esto no significa que los carbohidratos indisponibles no sean capaces de producir energía para el animal monogástrico, ya que los ácidos grasos volátiles (AGV) son el mayor producto de la fermentación y son bien absorbidos por el hombre y otros animales. De este modo, la definición práctica de la fibra nutricional difiere entre las especies ruminantes y no ruminantes (Van Soest, 1985b; Van Soest et al, 1991).

La definición práctica de fibra nutricional para el rumiante se limita a las sustancias insolubles de la pared celular de la planta, la cual es en esencia FDN (Van Soest, 1985a; Van Soest et al, 1991).

La disponibilidad de la fibra detergente neutro para el rumiante está afectada por otros factores como la cristalización de la celulosa, la acetilación de la hemicelulosa y el contenido de productos como la sílica y la cutina (Van Soest, 1976).

La determinación de la fibra detergente ácida (FDA) permite por diferencia la estimación del contenido de hemicelulosa, y sirve como paso preliminar para estimar los valores de celulosa y de lignina. Esta última se relaciona de manera negativa con la digestibilidad de los forrajes, ya que forma enlaces esterés con la hemicelulosa principalmente, reduciendo la digestibilidad tanto de la celulosa como de la hemicelulosa (Van Soest et al, 1991).

En comparación con las determinaciones de FDN y FDA, el análisis de fibra cruda (FC) no estima todas las fracciones indigestibles, ni todo el material fibroso. Adicionalmente, el cálculo del extracto libre de nitrógeno (ELN) incluye toda la

hemicelulosa y una parte considerable de la celulosa que es aprovechada en forma variable por el rumiante (Van Soest, 1967).

La mayor aplicación de los análisis de fibra se relaciona con la predicción de la calidad del forraje, la cual es una combinación del consumo voluntario de alimento, la digestibilidad de los nutrimentos, y la eficiencia en el uso metabólico de los productos finales de la digestión y fermentación; estos tres factores influyen en la productividad de la vaca lechera (Mertens, 1980; Van Soest, 1985a). Se han publicado muchos estudios acerca de la relación entre fibra cruda, fibra detergente ácido, o fibra detergente neutro y la calidad del forraje y, en la mayoría de los casos, se establece una mejor relación de la digestibilidad con la fibra detergente ácido (FDA), mientras que el consumo de alimento se relaciona en forma más estrecha con la fibra detergente neutro (FDN) (Van Soest y Mertens, 1984).

El consumo voluntario y la digestibilidad, son dos factores que afectan la nutrición del rumiante, ya que al haber un consumo alto, el alimento pasa más rápido a través del tracto digestivo, lo que resulta en un menor tiempo disponible para la digestión, con lo cual baja la digestibilidad del alimento (Llamas, 1990). La depresión en la digestibilidad está asociada con el tipo de alimento, la cantidad de fibra, la tasa de digestión de la fibra y la tasa de pasaje, la cual es influenciada por el tamaño de la partícula (Colucci et al., 1982), el peso específico y los niveles de consumo (Mertens, 1980). Cuando el forraje es consumido en niveles altos a partir de dietas integrales, es de particular interés la depresión que sucede en la digestibilidad del forraje. El máximo consumo de alimento de una dieta esta determinado por la concentración de FDN total de la dieta. En

algunos casos, el llenado del rumen limitará el consumo voluntario del alimento, pero en otros, el consumo se ve limitado por controles metabólicos relacionados con el requerimiento de energía para lograr una máxima producción de leche (Moore, 1986).

La digestión de la fibra en el rumen es realizada principalmente por la acción de las enzimas producidas por bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas (Jung y Fahey, 1983). Cuando se suplementa un concentrado alto en glúcidos fácilmente fermentables, como azúcares simples o almidón, se disminuye el consumo de forraje, se reduce en tiempo la rumia y baja la producción de saliva amortiguadora; con lo cual se favorece el crecimiento de bacterias sacarolíticas y amilolíticas (Mertens y Loften, 1980), que pueden producir cantidad excesiva de ácidos orgánicos que disminuyen el pH ruminal (Steg et al., 1985; Stokes et al., 1991), lo que impide el desarrollo adecuado de las bacterias fibrolíticas (Orskov, 1986). Estos eventos dan como resultado una menor digestibilidad de la fibra, un mayor tiempo de retención del alimento en el rumen y consecuentemente un menor consumo del mismo. Otro factor que afecta el desarrollo de las bacterias fibrolíticas, es que las bacterias amilolíticas y sacarolíticas, consumen sustratos que requieren las fibrolíticas para nutrirse (Van Soest, 1985b).

La actividad de los microbios del rumen depende de la existencia de cantidades suficientes de energía y de Nitrógeno en el contenido ruminal, para llevar a cabo el proceso de fermentación y favorecer la tasa de degradación. Algunos factores involucrados en la actividad microbiana (tasa de degradación, tipo y extensión de la fermentación) son: la relación forraje-concentrado, la cantidad de fibra y la forma física del forraje en la ración, la concentración de

sustancias rápidamente fermentables y suplementación de la dieta con grasa o ácidos grasos. Además de estos factores, el nivel de alimentación, cambios en el procesamiento de los alimentos como triturado, hojueado o peletizado, el tratamiento térmico o químico, la inclusión de aditivos y sales minerales con capacidad amortiguadora del pH, pueden afectar la degradación microbiana (Steg et al., 1985).

En la alimentación de la vaca lechera es necesario incluir material fibroso en la dieta para asegurar un consumo elevado de materia seca que le permita obtener mayor cantidad de energía, una buena función del rumen (Van Soest y Mertens, 1984) y un nivel elevado de grasa en la leche (Collier, 1985). La función de la fibra en la vaca lechera está asociada con una adecuada rumia, lo cual resulta en una producción de saliva amortiguadora y a su vez en una buena digestión de la misma fibra al mantener una buena actividad de los microorganismos celulolíticos (Van Soest y Mertens, 1984). El tiempo de rumia es directamente proporcional al consumo de FDN (Welch, 1982). 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 propuesta como un indicador para determinar el nivel óptimo de consumo de fibra, debido a que se correlaciona tanto con el consumo voluntario de forraje y concentrado, 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 está relacionado con su densidad energética y a su vez, la densidad energética se

relaciona con el consumo voluntario (Conrad, 1966). Mertens (1985a) 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. El flujo y eficiencia de utilización de los nutrimentos, por el rumiante, están en gran medida determinados por la capacidad o volúmen del tracto digestivo y por las tasas de digestión y pasaje de las partículas sólidas no digeridas (Lascano y Quiroz, 1990). De acuerdo con este modelo, el nivel óptimo de FDN, el consumo de materia seca y de energía neta se maximizan, cuando se logra optimizar 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 materia seca más un 0.4 % del peso corporal.

La forma física del alimento, el tiempo disponible para el consumo y la frecuencia de alimentación pueden influir en el consumo voluntario y afectar la fermentación microbiana. El incrementar la frecuencia de alimentación de concentrados ricos en almidón previene la caída del pH ruminal y disminuye los picos en la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) y lactato (Kaufmann et al., 1975; Sutton et al., 1982).

Los AGV son la principal fuente de energía del rumiante y son producto de la degradación de los carbohidratos por los microorganismos ruminales. La variación en las relaciones forraje:concentrado, así como la inclusión de fuentes de almidón o de carbohidratos no estructurales en el concentrado, darán como resultado diferentes proporciones de AGV (Sutton, 1991; Van Soest, 1985b; Stokes et al., 1991).

La relación acetato:propionato (A:P) que deriva de la proporción de forraje:concentrado, es importante en la vaca

lechera en producción, ya que se correlaciona positivamente con el contenido de grasa en la leche. Se considera que si la relación A:P no se mantiene (3:1), puede ocurrir un bajo porcentaje de grasa en la leche (Grummer, 1991; Sutton, 1991). Las concentraciones de AGV en el líquido ruminal, no reflejan su tasa de producción o absorción, ya que al suplementar a vacas lecheras con niveles altos de concentrado, la concentración de ácido acético se reduce, pero no así su tasa de producción. En cambio, la concentración y absorción de ácido propiónico aumentan considerablemente. De ésta manera, el porcentaje de grasa en leche disminuye, no tanto por la baja producción de ácido acético, sino por un aumento en la producción de propiónico, lo que afecta la síntesis de grasa en la glándula mamaria (Orskov, 1986).

Suplementar a vacas lecheras en producción con un concentrado alto en fibra afectó significativamente el consumo de forraje (12.4 kg/día), en comparación al consumo de forraje (11.7 kg/día) cuando las vacas se suplementaron con un concentrado alto en almidón, como lo demostró Meijls en 1986 (citado por Lusby y Wagner, 1986); quien además observó un aumento de 1.32 kg/día en la producción de leche, mejorando también el contenido de grasa de la misma de 3.96 a 4.1 %. Por otro lado, Bustamante y Llamas (1991) observaron una mayor producción de leche (0.8 l/día) en vacas Pardo Suizo que consumían un concentrado alto en fibra en comparación con vacas que recibían un concentrado tradicional con harinolina, sorgo, melaza y urea; además de que el primer concentrado resultó más económico.

Con base en los conceptos anteriores se planteó el presente trabajo. La finalidad fué la de evaluar el uso de niveles crecientes de Fibra Detergente Neutro en la formulación de suplementos elaborados con subproductos

agroindustriales y esquilmos agrícolas con alto contenido de fibra. Esto con el fin de favorecer la digestibilidad del forraje alimentado y como consecuencia crear mejores condiciones ruminales para el proceso digestivo sin deterioro de los índices productivos y la calidad de la leche.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de incluir niveles crecientes de Fibra Detergente Neutro (FDN) en el concentrado, sobre la producción y calidad de la leche, consumo de materia seca y fracciones fibrosas y variables ruminales en vacas de genotipos cruzados.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo experimental se desarrolló en dos pruebas:

1) Prueba de lactación, 2) Prueba metabólica. Las dos pruebas se realizaron en las instalaciones del C.E. "La Posta" de Paso del Toro, Ver., ubicado en el Km 22.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba a 12 msnm, en clima tropical subhúmedo AW₁. La precipitación pluvial es de 1440 mm al año y la temperatura media anual de 25 °C (García, 1973).

PRUEBA DE LACTACION

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- a) Evaluar la respuesta en producción de leche, composición de la leche, cambios de peso y condición corporal de vacas alimentadas con base en ensilado de sorgo forrajero y suplementadas con concentrados con niveles crecientes de FDN.
- b) Determinar los consumos de materia seca, materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y fracciones de fibra.
- c) Determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fracciones de fibra del forraje y del concentrado, utilizando a la lignina como marcador interno.

ANIMALES

Se utilizaron ocho vacas multíparas. Cinco de estas vacas producto de cruzamiento Holstein por Cebú (3/4 ó más) y tres de cruzamiento Suizo Pardo por Cebú (3/4 ó más), con 90 ± 28 días en lactación, peso promedio inicial de 479 ± 36 kg y una condición corporal de 2.9 en una escala de 1 a 5 de acuerdo con el sistema de calificación de Virginia (modificado por Edmonson *et al.*, 1989).

Los animales se alojaron en un corral, con comederos provistos de separadores que permitieran el registro de los consumos individuales del forraje y de los concentrados. Los animales además recibieron agua a libertad y dispusieron de cama de viruta de madera para contrarrestar el efecto de la dureza del piso sobre las articulaciones de los miembros anteriores y posteriores.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizaron ocho vacas en un diseño de cuadrado latino 4 x 4 repetido, con cuatro períodos experimentales de 21 días, divididos en 13 días de adaptación al tratamiento y 8 días para mediciones.

Los cuatro tratamientos fueron los niveles de FDN en los concentrados: 1) 13.24 % ; 2) 20.97 % ; 3) 28.70 % y 4) 36.44 % . Los concentrados fueron balanceados al 18 % de proteína cruda (base seca), tomando en cuenta los valores tabulados por NRC (1989) para cada uno de los ingredientes. El valor calculado de Energía Neta de Lactación (ENL) disminuyó, a medida que se incrementó el porcentaje de la FDN. 1) 1.76 Mcal/kg; 2) 1.63 Mcal/kg; 3) 1.51 Mcal/kg y 4) 1.39 Mcal/kg de MS (CUADRO 1).

ALIMENTACION

El forraje base de las dietas consistió en un ensilado de sorgo forrajero (Sorghum bicolor sudanense, var "Beef builder") producto del primer corte de un cultivo de temporal (CUADRO 2). El sorgo recibió una fertilización de 56 kg de N y 66 kg de superfosfato triple (46% P)/ha; se cosechó a los 110 días de edad y se ensiló en cuatro silos con capacidad para 15 toneladas cada uno.

La cantidad de concentrado ofrecido se ajustó diariamente con base en la cantidad de materia seca del ensilado de sorgo consumido; de esta manera se mantuvo una relación fija forraje:concentrado de 60:40 (BS) desde el inicio hasta el final de la prueba de lactación.

MANEJO

Previo al inicio de la prueba, los animales fueron bañados por aspersión contra ectoparásitos, repitiendo esta misma

actividad cuando los animales eran movilizados para determinar el peso corporal cada 21 días, al término de cada uno de los períodos experimentales.

Los animales permanecieron estabulados las 24 horas del día; donde se les alimentó en forma individual. La cantidad total de forraje y concentrado era fraccionada en cuatro partes iguales, cada una de las cuales era servida a intervalos de seis horas; para lo cual la ración diaria de ensilado se dividía en cuatro porciones que se conservaban en bolsas de polietileno.

Se realizaron dos ordeños en forma mecánica durante el día, el primero a las 6:00 hrs. y el segundo a las 16:00 hrs.; para lo cual se trasladaba a los animales a la sala de ordeño adyacente al corral de alojamiento.

VARIABLES

Se pesó diariamente el ensilado y concentrado ofrecidos a cada uno de los animales, procurando ofrecer un excedente del forraje para permitir un rechazo próximo a 10 %, con la finalidad de obtener consumos a libertad. Sin embargo, para fines de análisis de la información sólo se consideraron los consumos de forraje y concentrado registrados del día 14 al 21 de cada período experimental, una vez que los animales durante los 13 días previos se sometieron al proceso de adaptación a la dieta.

La producción de leche se registró diariamente, tanto por la mañana como por la tarde. Al igual que en el caso del alimento ofrecido, sólo se consideraron para análisis los datos obtenidos durante los días 14 al 21 de cada período experimental.

Los animales se pesaron sin ayuno previo y a la misma hora, los días 1 y 21 (principio y final) de cada período experimental, en estos días se hizo la medición de la condición corporal, utilizando para ello el sistema de calificación de Virginia.

TOMA DE MUESTRAS

Durante los días 14 al 21 de cada período experimental, se tomaron muestras de 100 a 300 g del alimento ofrecido (ensilado y concentrado) y del rechazado. Al final de cada período, las muestras obtenidas durante ocho días fueron mezcladas, de este conjunto se tomó una alícuota de aproximadamente 300 g. La submuestra se conservó a 4 °C para su análisis posterior. Las muestras se secaron (estufa de aire forzado, 55 °C por 72 h) y se molieron (molino Wiley con criba de 1 mm). La alícuota se utilizó para la determinación de materia seca, proteína cruda, materia orgánica, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina. Todas las determinaciones se hicieron por duplicado.

a) Determinaciones realizadas al alimento ofrecido (forraje y concentrados) .

- Humedad por secado en estufa de aire forzado a 55 °C para concentrados y ensilado (Tejada, 1985)
- Humedad por arrastre con tolueno para las muestras de ensilado (Tejada, 1985).
- Materia orgánica en concentrados y ensilado, por determinación de la materia mineral o cenizas. Según la técnica descrita por Tejada (1985).
- Proteína cruda por el método de Kjeldahl en concentrados y ensilado (Tejada, 1985).

- Fibra detergente neutro en concentrados y ensilado, según las técnicas descritas por Tejada (1985).
- Fibra detergente ácido en concentrados y ensilado (Tejada, 1985).
- Lignina por permanganato en concentrados y ensilado (utilizando el residuo de la determinación de fibra detergente ácido) (Tejada, 1985).
- pH del ensilado. Se utilizó el método sugerido por Tejada (1985).

b) Determinaciones realizadas al alimento rechazado

- Materia seca por determinación de humedad en estufa de aire forzado a 55 °C por 72 h.
- Materia orgánica por determinación de la materia mineral o cenizas.
- Proteína cruda por el método de Kjeldahl.
- Fibra detergente neutro.
- Fibra detergente ácido

Para la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda, materia orgánica y fibra detergente neutro y ácida, se obtuvieron directamente del recto de cada animal muestras de heces cuatro veces al día, durante los últimos 7 días de cada período experimental, procurando siempre obtener la misma cantidad en cada muestreo. Al final de cada período las muestras por animal fueron mezcladas, de éste conjunto se tomó una alícuota, misma que

después de secarse (a peso constante) a 55 °C en una estufa de aire forzado, se molió en un molino Wiley con criba de 1 mm para ser analizada posteriormente.

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

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

en donde:

CDMS = Coeficiente de digestibilidad de la materia seca

m = marcador

A = alimento

H = heces

Para la digestibilidad de una fracción específica (X) la fórmula es:

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

Siendo:

CD(X): Coeficiente de digestibilidad del nutrimento X.

Las demás literales tienen idéntico significado que las anteriores.

Determinaciones realizadas a las heces

- Las mismas que al alimento ofrecido y rechazado, para posteriormente calcular el coeficiente de digestibilidad aparente de cada uno de los componentes de la dieta.

Las digestibilidades de la MS, MO, PC, FDN y FDA, fueron estimadas utilizando a la lignina como marcador interno, para lo cual se tomaron en cuenta las cantidades consumidas de este compuesto a partir del forraje y concentrado; considerando la suma como el total de lignina consumida y la lignina determinada en las heces como el total excretado

Los días 14, 16, 18 y 20 de cada período experimental se hicieron los muestreos de leche (mañana y tarde), con la finalidad de determinar su composición. Se tomaron alícuotas de alrededor del 1 % de la producción en cada ordeña. Las muestras se almacenaron en refrigeración después de haberles adicionado 1 ml de una solución al 6.99 % de Cloruro de Mercurio (HgCl) como conservador (Tejada, 1985). Para su análisis, se conjuntaron las alícuotas.

Determinaciones realizadas a la leche.

- Grasa por el método de Gerber.
- Proteína cruda.
- Sólidos totales, por secado en estufa de aire forzado a 100 °C durante 24 horas.

CUADRO 1. COMPOSICION DE LOS CONCENTRADOS UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS DE LACTACION Y METABOLICA (% B.S.)¹

INGREDIENTES	T R A T A M I E N T O			
	1	2	3	4
Sorgo molido	73.53	49.02	24.51	0.00
Pasta de soya	17.00	11.33	5.67	0.00
Pulidura de arroz	0.00	6.67	13.33	20.00
Harina de alfalfa	0.00	4.68	9.35	14.03
Salvado de trigo	0.00	4.67	9.33	14.00
Grano seco de cerveceria	0.00	5.17	10.33	15.50
Pasta de girasol	0.00	4.50	9.00	13.50
Pulpa de cítricos	0.00	2.83	5.67	8.50
Olote de maíz	0.00	1.67	3.33	5.00
Melaza	5.00	5.00	5.00	5.00
Urea	1.50	1.50	1.50	1.50
Carbonato de calcio	1.50	1.50	1.50	1.50
Ortofosfato de Calcio	0.80	0.80	0.80	0.80
Sal común	0.60	0.60	0.60	0.60
Minerales traza ²	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitaminas ³	0.03	0.03	0.03	0.03
<u>ANALISIS CALCULADO</u>				
Proteína cruda, %	18.16	18.09	18.06	18.13
Fibra detergente neutro, %	13.24	20.97	28.70	36.44
Fibra detergente ácido, %	8.32	12.66	16.99	21.33
Energía neta de lactación, Mcal/kg	1.76	1.63	1.51	1.39

¹ % B.S. = Por ciento base seca

² Contenido (g/kg de la premezcla): Mn 140; Zn 200; Fe 60; I 2; Se 0.60 y Co 0.80

³ Contenido (por kg de premezcla): Vitamina A 50 (Mill. U.I.); Vitamina D₃ 10 (Mill. U.I.) y Vitamina E 100(g)

CUADRO 2. COMPOSICION QUIMICA DEL ENSILADO DE SORGO FORRAJERO UTILIZADO EN LA PRUEBA DE LACTACION Y PRUEBA METABOLICA (%BS)¹

COMPONENTE	PRUEBA LACTACION	PRUEBA METABOLICA
Materia seca (Por Arrastre con Tolueno)	25.1±0.54	24.3±0.62
Materia seca (Por secado en estufa 55°C)	23.0±0.60	22.9±0.40
Materia orgánica	90.5±0.99	5.2±0.21
Proteína cruda, %	5.9±0.35	5.2±0.21
Fibra detergente neutro	71.6±0.70	72.9±2.04
Fibra detergente ácido	49.4±1.08	50.2±1.79
Lignina	8.2±0.41	8.9±0.25
pH	3.49±0.05	3.53±0.24

¹ % BS = Porcentaje base seca

ANALISIS ESTADISTICO

Las variables correspondientes al consumo y la digestibilidad aparente de MS, MO, PC, FDN, FDA ; las correspondientes a la producción y calidad de la leche así como el cambio de peso y la variación de la condición corporal, se analizaron por ANDEVA; según lo indican Steel y Torrie (1988) para el diseño correspondiente, realizándose éste con ayuda del paquete estadístico SAS (1995), procedimiento GLM.

Las medias de tratamientos fueron comparadas entre sí, utilizando la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa).

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + H_j + C_k + T_l + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijkl} =Variable de respuesta.

μ =Valor de la media del experimento.

G_i =Efecto del i cuadro o grupo de cuatro animales ($i=1,2$).

H_j =Efecto de la j hilera o período ($j=1,2,3,4$).

C_k =Efecto de la k columna o animal.

T_l =Efecto del tratamiento l ($l=1,2,3,4$).

E_{ijk} =Efecto del error experimental en la ijk observación

RESULTADOS Y DISCUSION

Los consumos de MS, MO y PC de los animales de la prueba de lactación se presentan en el CUADRO 3. No existió diferencia significativa ($P>0.05$) en cuanto a la cantidad de materia seca y orgánica consumida a partir del ensilado de sorgo y del concentrado, por lo tanto, no se afectó el consumo total de la materia seca. El consumo fue mayor al esperado dado que NRC (1989) menciona que el consumo voluntario puede deprimirse cuando la mayor parte de la dieta está compuesta por alimentos fermentados (ensilado) como es el caso del presente. El consumo de MS como porcentaje del peso vivo no fue diferente entre tratamientos ($P>0.05$). El valor promedio de esta variable es próxima al 2.5 % dado por NRC (1989) para animales con características similares a los utilizados en esta prueba. El consumo de PC a partir del ensilado de sorgo fue similar estadísticamente ($P>0.05$); sin embargo, el consumo total de este nutrimento presentó diferencias significativas ($P<0.05$), debido a que el consumo de PC a partir del concentrado fue mayor ($P<0.05$) en los tratamientos en que se incorporaban los ingredientes fibrosos, siendo mayormente manifiesto al observar la diferencia entre los tratamientos 1 y 4. Esta respuesta se da como consecuencia de que algunos de los ingredientes variaron en su contenido de PC; ya que a medida que algunos de ellos se agregaban en mayor cantidad en el concentrado, provocaron que al analizar en el laboratorio el contenido de proteína, al final de la prueba, éste se elevara por arriba del análisis calculado.

La relación forraje:concentrado resultó ser en promedio para todo el experimento de 62:38; muy próximo a la que originalmente fue planteada (60:40).

El CUADRO 4 describe el consumo de fracciones de la

fibra, como son: FDN, FDA y la lignina. Las cantidades consumidas de estos componentes a partir del ensilado de sorgo, son similares estadísticamente ($P > 0.05$) en cada uno de los tratamientos. El consumo de FDN, FDA y lignina a partir del concentrado fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$); debido al incremento de la FDN en cada uno de los concentrados en estudio. El tratamiento 4 provocó un mayor ($P < 0.05$) consumo de FDN a partir de concentrado y total, debido a su más alta concentración en este nutrimento. El consumo de la FDN aumentó ($P < 0.05$) como porcentaje del peso vivo a medida que se incrementó el nivel de FDN en el concentrado.

El cuadro cinco muestra los valores de producción y composición de leche. La producción de leche como respuesta a la suplementación con concentrados con niveles crecientes de FDN, fue estadísticamente similar ($P > 0.05$) en cada uno de los tratamientos. Lo mismo sucedió con las variables correspondientes a calidad de la leche, como son proteína, sólidos totales y grasa. De esta última se esperaba un incremento en la medida que se aumentaron los niveles de la FDN en los concentrados experimentales. Weiss et al. (1989) encontraron que la cantidad y calidad de la leche aumentó al consumir dietas conteniendo 40% de FDN en comparación con vacas recibiendo dietas con solo 30% de FDN.

Orskov (1980) sugiere que los problemas digestivos son reducidos si el concentrado es ofrecido en pequeñas porciones durante el día, creando con ello condiciones ruminales más estables, además de existir menos interferencia con la digestión de la celulosa. Es probable que la respuesta en producción y calidad de la leche para cada uno de los tratamientos de este experimento se comportara de manera similar como consecuencia de alimentar el forraje y los

concentrados en la forma ya mencionada. Esto se corrobora con la información obtenida por Kaufmann et al. (1980) cuando ofrecieron el concentrado con una frecuencia de cuatro horas durante el día contra una frecuencia de cada dos horas (3.79 vs 3.24 % de grasa en leche).

La digestibilidad aparente de la MS, MO, PC, FDN y FDA se presenta en el CUADRO 6. En el caso de las digestibilidades de la MS y la MO, estas tuvieron un comportamiento parecido, siendo similares los tratamientos 3 y 4 pero, diferentes significativamente ($P < 0.05$) de los tratamientos 1 y 2, observándose que a medida que el nivel de FDN se incrementa en cada uno de los tratamientos la digestibilidad de estos dos componentes resulta ser menor. Por el contrario, se observa que el índice de digestibilidad aparente para la PC mejora conforme se incrementa la FDN en el concentrado. Considerando que la PC forma parte de la MS y la MO debiera esperarse una respuesta similar para los tres componentes; sin embargo, debemos recordar que este nutrimento varió posiblemente porque algunos de los ingredientes incluidos como fuente de FDN poseían una cantidad de PC mayor a la que se consideró para el análisis calculado. Es probable que el excedente de PC se haya degradado ruminalmente permitiendo que la digestibilidad de este componente fuera mayor. Al respecto el NRC (1986) señala que la digestibilidad de la materia seca y materia orgánica es mayor cuando el nivel del nitrógeno amoniacal en el rumen se ubica entre 8 y 15 mg/dl y, que niveles menores a los mencionados se reflejan en una depresión de la digestibilidad de la materia seca. Es probable que la respuesta se haya dado de manera similar en esta parte del experimento.

En el CUADRO 6 se observa que la digestibilidad aparente de la materia seca y materia orgánica decrece a medida que se incrementa el nivel de FDN en los concentrados consumidos.

Por otro lado Tyrrell (1980), al analizar las causas que limitan la eficiencia productiva de la vaca lechera, manifiesta la existencia de una correlación positiva entre el contenido de proteína cruda de la dieta y la digestibilidad de la energía, siendo atribuible este efecto a dos factores (1) el elevado índice de digestibilidad aparente de la proteína asociado con altos consumos de ésta, puede ser el resultado de una simple dilución del nitrógeno metabólico fecal y (2) el efecto asociativo del incremento de nitrógeno sobre la digestibilidad de otras fracciones energéticas de la dieta.

En el CUADRO 6, se presenta también la digestibilidad aparente de la FDN y la FDA, estimada utilizando a la lignina como marcador interno. A diferencia de la digestibilidad de la MS estas no tienen el mismo comportamiento, observándose que no existieron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) para los dos componentes de la fibra, aunque se esperaba que la digestibilidad aparente de la FDN y FDA resultara mejor como respuesta al incremento del nivel de la FDN en los concentrados, al crear condiciones ruminales que de alguna manera favorecieran la digestión de la fibra. Bernard y McNeill (1991) indican que la fuente de FDN es importante en la digestibilidad aparente de los nutrimentos presentes en la dieta de vacas en lactación, siendo la cascarilla de soya una fuente de paredes celulares con alta digestibilidad y que por tanto, favorece la digestión de la FDN y la FDA totales de la dieta, en comparación con fuentes de FDN con degradabilidad menor como son la pajas y rastrojos de cereales.

El cambio en el peso y la condición corporal de los animales se presentan en el CUADRO 7. En cuanto al cambio de peso, no hubo diferencia significativa entre tratamientos probablemente debido a una gran variabilidad por diferencias en el peso del contenido ruminal ya que los animales no fueron

dietados antes del pesaje. El dietar a las vacas se consideró no procedente dado el corto espacio de cada período experimental (21 días). No se presentaron diferencias entre tratamientos en cuanto a condición corporal se refiere ($P>0.05$).

CUADRO 3. CONSUMO DE MATERIA SECA, MATERIA ORGANICA Y PROTEINA CRUDA, POR VACAS ALIMENTADAS CON ENSILADO DE SORGO Y CONCENTRADOS CON NIVELES CRECIENTES DE FDN

CONSUMO	TRATAMIENTO ¹				
	1	2	3	4	EEM ²
<u>Materia seca, kg/día</u>					
Ensilado	7.34	7.23	7.03	7.34	0.188
Concentrado	4.37	4.39	4.31	4.49	0.100
Total	11.71	11.62	11.34	11.83	0.283
<u>Materia Seca, % del peso vivo</u>					
	2.46	2.45	2.38	2.45	0.059
<u>Materia orgánica, kg/día</u>					
Ensilado	6.67	6.56	6.39	6.66	0.170
Concentrado	4.04	3.96	3.75	3.98	0.097
Total	10.71	10.52	10.14	10.65	0.257
<u>Proteína cruda, kg/día</u>					
Ensilado	0.44	0.43	0.41	0.43	0.010
Concentrado	0.90 ^a	1.00 ^b	0.98 ^{ab}	1.09 ^c	0.027
Total	1.34 ^{ab}	1.43 ^{bc}	1.39 ^{ab}	1.52 ^c	0.036

¹ 13.24, 20.97, 28.70 y 36.44% de FDN en el concentrado para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente

² EEM = Error estándar de la media

a,b,c/ Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

CUADRO 4. CONSUMO PROMEDIO DE FRACCIONES DE FIBRA, POR VACAS ALIMENTADAS CON ENSILADO DE SORGO FORRAJERO Y CONCENTRADOS CON NIVELES CRECIENTES DE FDN

CONSUMO	T R A T A M I E N T O ¹				
	1	2	3	4	EEM ²
<u>Fibra detergente neutro, kg/día</u>					
Ensilado	5.21	5.12	4.96	5.22	0.132
Concentrado	0.61 ^a	0.97 ^b	1.23 ^c	1.64 ^d	0.042
Total	5.82 ^a	6.09 ^a	6.19 ^a	6.86 ^b	0.168
<u>Fibra detergente neutro, % del peso vivo</u>					
	1.23 ^a	1.28 ^a	1.30 ^a	1.42 ^b	0.035
<u>Fibra detergente ácido, kg/día</u>					
Ensilado	3.61	3.55	3.45	3.61	0.093
Concentrado	0.32 ^a	0.65 ^b	0.87 ^c	1.12 ^d	0.029
Total	3.93 ^a	4.20 ^{ab}	4.32 ^b	4.74 ^c	0.118
<u>Lignina, kg/día</u>					
Ensilado					
Concentrado	0.60	0.59	0.58	0.60	0.015
Total	0.09 ^a	0.18 ^b	0.24 ^c	0.32 ^d	0.008
	0.69 ^a	0.77 ^{bc}	0.82 ^c	0.92 ^d	0.022

¹ Contenido de FDN en el concentrado = 13.24, 20.97, 28.70 y 36.44% para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente

² EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d/ Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

CUADRO 5. EFECTO DE ALIMENTAR DIFERENTES NIVELES DE FDN EN EL CONCENTRADO, SOBRE LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE EN VACAS CONSUMIENDO ENSILADO DE SORGO FORRAJERO COMO BASE DE SU DIETA

VARIABLE	T R A T A M I E N T O ¹				
	1	2	3	4	EEM ²
Leche, kg/día	8.28	8.58	8.18	8.63	0.217
Proteína, %	2.78	2.72	2.71	2.71	0.024
Sólidos totales, %	11.53	11.42	11.32	11.27	0.116
Grasa, %	3.42	3.43	3.48	3.35	0.078

¹ Tratamientos 1: 13.24; 2: 20.97; 3: 28.70 y 4: 36.44% de FDN en el concentrado

² **EEM** = Error estándar de la media

CUADRO 6. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA, MATERIA ORGANICA, PROTEINA CRUDA Y FRACCIONES DE FIBRA EN VACAS ALIMENTADAS CON NIVELES CRECIENTES DE FDN EN EL CONCENTRADO Y SORGO FORRAJERO¹

DIGESTIBILIDAD	T R A T A M I E N T O ²				
	1	2	3	4	EEM ³
Materia seca, %	55.2 ^a	52.1 ^b	50.0 ^{bc}	48.1 ^c	0.734
Materia orgánica, %	58.6 ^a	56.0 ^b	53.7 ^c	52.6 ^c	0.710
Proteína cruda, %	42.8 ^a	43.9 ^a	46.9 ^a	52.1 ^b	1.679
Fibra detergente neutro, %	41.2	40.2	39.9	40.3	1.021
Fibra detergente ácido, %	36.2	33.9	34.6	34.3	0.792

¹ Digestibilidad aparente estimada con lignina como marcador interno

² 13.24; 20.97; 28.70 y 36.44% de FDN en el concentrado para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente

³ **EEM** = Error estándar de la media

a,b,c/ Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

CUADRO 7. CAMBIO DE PESO Y CONDICION CORPORAL DE VACAS ALIMENTADAS CON SORGO FORRAJERO Y CONCENTRADOS CON NIVELES CRECIENTES DE FDN

VARIABLE	T R A T A M I E N T O ¹				
	1	2	3	4	EEM ²
Cambio de peso, kg/día	0.222	-0.330	-0.057	0.346	0.232
Cambio de condición corporal	0.005	-0.084	-0.034	0.075	0.047

¹ Tratamientos 1)13.24; 2)20.97; 3)28.70 y 4)36.44% de FDN en el concentrado

² **EEM** = Error estándar de la media

* El promedio general de la condición corporal durante todo el experimento fue 2.88

CONCLUSIONES

- El nivel de FDN en el concentrado no tuvo efecto en la producción y la calidad de la leche, en el cambio de peso y condición corporal.
- La cantidad creciente de FDN consumida a partir de los concentrados, no tuvo efecto sobre la producción de leche y la composición de la misma.
- Una mayor cantidad de FDN tuvo un efecto adverso sobre la digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica o proteína cruda; sin embargo la digestibilidad aparente de las fracciones de la fibra no resultó afectada.

PRUEBA METABOLICA

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- a) Evaluar la respuesta en producción y calidad de la leche, de vacas alimentadas con dietas a base de ensilado de sorgo forrajero y suplementadas con concentrados con niveles crecientes de fibra detergente neutro.
- b) Determinar los consumos de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fracciones de fibra.
- c) Determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de la dieta para cada uno de los componentes analíticos del forraje y del concentrado, utilizando lignina como marcador interno.
- d) Determinar el efecto de niveles crecientes de FDN sobre el peso, el volúmen y la composición química del contenido ruminal .
- e) Estudiar el efecto de niveles crecientes de fibra detergente neutro, sobre la digestibilidad in situ del forraje y los concentrados.

ANIMALES

Se utilizaron cuatro vacas con peso promedio de 452±49 kg; de las cuales tres eran producto de la cruce de Suizo Pardo por Cebú (3/4 ó más) y una de Holstein por Cebú (3/4). Estos animales fueron implantados con una cánula ruminal flexible de 10 cm de diámetro interno; según la técnica descrita por Garza (1990). La intervención quirúrgica a los cuatro animales se llevó a cabo cuando se encontraban en su séptimo mes de gestación, sin que esto representara problema alguno durante el parto.

Los animales fueron alojados de manera individual en corrales provistos de comedero con separador, de modo que permitió el registro de consumo individual de forraje y de concentrado; los animales recibieron agua a libertad. Cada tercer día se les removía la cama de viruta de madera para evitar el acúmulo de heces y orina.

DISEÑO EXPERIMENTAL

A los 160 días posparto, las vacas se asignaron de acuerdo con un diseño experimental de cuadrado latino 4 x 4, con períodos experimentales de 21 días, divididos en 12 días de adaptación a las dietas y 9 días para mediciones. Los tratatamientos fueron los mismos que en la prueba de lactación (Cuadro 1).

ALIMENTACION

El forraje base de las dietas fue el mismo que en la prueba de lactación, un ensilado de sorgo forrajero (Sorghum bicolor sudanense, var. "Beef Builder") (Cuadro 2).

La cantidad de concentrado se ajustó diariamente de acuerdo con la cantidad de materia seca consumida a partir del ensilado, con el fin de mantener una relación fija de

forraje:concentrado, (60:40) (BS) durante los cuatro periodos experimentales.

MANEJO

Los animales permanecieron estabulados las 24 horas del día y se les alimentó en forma individual, proporcionándoles el alimento en forma fraccionada a intervalos de seis horas entre cada comida. El ensilado de sorgo se proporcionaba con un excedente de 10 %.

El ordeño se realizó en forma mecánica dos veces al día; uno a las 6:00 horas y el otro a las 16:00 horas, para lo cual los animales eran trasladados a la sala de ordeño adyacente el corral.

VARIABLES

Se pesó diariamente el alimento ofrecido (forraje y concentrado) y el rechazado, con la finalidad de estimar el consumo a libertad. Para fines de análisis de la información sólo se consideraron los consumos registrados del día 13 al 21, una vez que los animales estuvieron adaptados a la dieta correspondiente.

La producción de leche se registró diariamente, tanto por la mañana como por la tarde. Para fines de análisis de la información se consideraron las producciones de los días 13 al 21 de cada período experimental.

Los animales se pesaron sin previo ayuno los días 1 y 21 (principio y final) de cada período experimental.

TOMA DE MUESTRAS

Durante los días 13 al 21 se tomaron muestras (100 a 300 g) del alimento ofrecido y del rechazado. Estas muestras se

conjuntaron al final de cada período experimental y de este conjunto se tomó una alícuota para ser analizada en el laboratorio, previo secado a 55 °C en estufa de aire forzado y molido en un molino Wiley con criba de 1 mm.

a) Determinaciones realizadas al alimento ofrecido (forraje y concentrado)

- Las mismas que en la prueba de lactación.

b) Determinaciones realizadas al alimento rechazado

- Las mismas que en la prueba de lactación

El muestreo y manejo de las muestras de leche fue similar al que se realizó en la prueba de lactación. Los análisis realizados a cada una de las muestras fueron los mismos que en la prueba anterior.

Determinaciones realizadas a las muestras de leche

- Las mismas que en la prueba de lactación

En esta prueba además se llevó a cabo la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca y de cada uno de los componentes de la dieta (proteína cruda, materia orgánica y fracciones de fibra); el procedimiento fue el mismo que en la prueba de lactación. El cálculo de las digestibilidades se obtuvo mediante el empleo de las ecuaciones descritas en la prueba con animales intactos.

Determinaciones realizadas al líquido ruminal

El día 13 de cada período se tomaron muestras de líquido ruminal (100 ml) a intervalos de 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas después de ofrecer el alimento, siendo el tiempo cero momentos antes de ofrecerlo. Las muestras se filtraron en cuatro capas

de gasa y se determinó el pH inmediatamente después de obtenerlas, con ayuda de un potenciómetro.

El día 21 de cada período se evacuó completamente el rumen de los animales para determinar el peso y volumen del contenido. Se mezcló completamente con el fin de tomar una muestra representativa de alrededor de 2 kg.

Determinaciones realizadas al contenido ruminal

- Peso del contenido.
- Volumen en litros.
- Materia seca, por secado en estufa de aire forzado a 55 °C. De acuerdo con la técnica descrita por Tejada (1985).
- Proteína cruda por el método de Kjeldahl (Tejada, 1985).
- Materia orgánica. Obtenida mediante la determinación de la materia mineral o cenizas (Tejada, 1985).
- Fibra detergente neutro (Tejada, 1985).
- Fibra detergente ácido (Tejada, 1985).
- Lignina por Permanganato (utilizando el residuo de la fibra detergente ácido (Tejada, 1985).

PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD IN SITU

a) Preparación de la muestra

En estufa de aire forzado a 55 °C se secaron durante 72 horas cantidades suficientes del ensilado de sorgo forrajero y de los concentrados 1 y 4, para obtener por lo menos 200 g del material seco. Posteriormente se molieron en un molino Wiley de laboratorio usando una criba de 2 mm..

b) Preparación de las bolsas

Las digestibilidades in situ se llevaron a cabo mediante la técnica señalada por Mehrez y Orskov (1979). Esta prueba se realizó en dos partes y permitió estudiar el impacto de los cuatro diferentes ambientes ruminales producidos por los concentrados, sobre la desaparición de la materia seca del forraje y de dos de los concentrados; el bajo en FDN (T1) y el alto en FDN (T4).

I.- Las bolsas medían 9 x 17 cm con 1600 poros por cm², confeccionadas a máquina, con doble costura y bordes redondeados para evitar el acúmulo de muestra en las esquinas. En los días 13 al 16 de cada período experimental se incubaron por duplicado bolsas con muestras de aproximadamente 5 g (base seca) del forraje de sorgo ensilado; sujetas por un hilo de nylon al tapón de la cánula, con ayuda de un disco de madera que quedó sostenido en el exterior. Los tiempos de permanencia en el rumen fueron: 0, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 72 y 96 horas; las bolsas correspondientes al tiempo cero se sometieron a inmersión en agua corriente durante 15 minutos.

II.- En los mismos días se incubaron también por duplicado bolsas con 5 g de muestra (base seca) de los concentrados 1 y 4. En este caso los tiempos de permanencia en el rumen fueron: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 36 y 48 horas; se procedió con el

tiempo cero como en el caso del forraje.

Para evitar la interrupción temporal de la fermentación al retirar las bolsas del rumen, éstas se introdujeron a diferentes intervalos de tiempo, permaneciendo en el rumen el número de horas correspondiente al período de incubación; esto es, introducir primero la bolsa que permaneció durante más tiempo y al final la bolsa que corresponde al menor tiempo de permanencia en el rumen (Nocek, 1985). Transcurrido el período de incubación, las bolsas fueron extraídas del rumen y se lavaron cuidadosamente con agua corriente hasta que ésta salió clara; posteriormente el residuo se transfirió cuantitativamente a un papel filtro (Wathman No.54) con ayuda de agua y vacío para después secar a 55 °C durante 48 horas. Una vez secos los filtrados se pusieron a enfriar en un 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 materia seca a diferentes tiempos de incubación

ANALISIS ESTADISTICO

Las variables correspondientes al consumo y la digestibilidad aparente de MS, MO, PC, FDN y FDA; la producción y calidad de la leche, así como las correspondientes al pH y la composición química del contenido ruminal se analizaron de la misma manera que en la prueba de lactación. Utilizando para ello el paquete estadístico SAS (1995), procedimiento GLM.

Las medias de tratamientos fueron comparadas entre sí, utilizando la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa).

En este caso el modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + C_j + T_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} =Es la variable de respuesta.

μ =Valor de la media del experimento.

H_i =Efecto de la i hilera o período ($i=1,2,3,4$).

C_j =Efecto de la j columna o animal ($j=1,2,3,4$).

T_k =Efecto del tratamiento k ($k=1,2,3,4$).

E_{ijk} =Efecto del error experimental en la ijk observación.

Para el caso de las digestibilidad in situ del ensilado de sorgo forrajero y de los concentrados alto y bajo contenido de FDN, se realizó el análisis de los resultados utilizando el procedimiento NONLIN del paquete estadístico SAS (1995), usando para esto el modelo propuesto por Mertens y Loften (1980); el cual considera la presencia de compartimientos o las fracciones soluble, indigestible, digestible y potencialmente digestible. La magnitud de estas fracciones, el retraso del inicio de la digestión (tiempo lag) y la tasa de digestión (kd) del ensilado de sorgo, se analizaron estadísticamente con un ANDEVA para el diseño correspondiente.

En el caso de los concentrados alto y bajo en FDN estas variables fueron comparadas entre sí mediante la prueba TTEST del paquete estadístico SAS (1995).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los consumos de MS, MO y PC por los animales de la prueba metabólica se presentan en el CUADRO 8. Se puede observar que los animales fistulados tuvieron un comportamiento similar a los de la prueba de lactación, no encontrando diferencias significativas ($P>0.05$) para materia seca consumida a partir del ensilado de sorgo y del concentrado, por lo tanto, tampoco se afectó el consumo total de la materia seca; aún cuando en promedio el consumo total fue menor en 1.5 kg de MS/día. Esto probablemente se debió a que las cuatro vacas en experimentación eran manipuladas con más frecuencia durante el período de muestreo que las de la prueba de lactación; además de que el promedio del peso corporal era menor en 27 kg para las vacas de la prueba metabólica en comparación con el peso promedio de las vacas en la prueba de lactación.

La relación forraje:concentrado resultó ser en promedio para este experimento de 61.6:38.4 ; muy próximo a la que originalmente fue planteada (60:40). Kaufmann, et al (1980) señalan que una ración alimenticia para ganado bovino es alta en forraje cuando éste se incluye de 60 a 100 % en la composición de la misma; en tanto, las dietas altas en concentrado son aquellas conteniendo del 35 a 50 % de forraje.

El consumo de MO fue similar ($P>0.05$) en todos los tratamientos, tanto para MO consumida a partir del forraje como para MO consumida a partir del concentrado y MO consumida total. En esta prueba no se observó diferencia estadística ($P>0.05$) para el consumo de PC a partir del forraje, consumo de PC a partir del concentrado o consumo de PC total; como se observó en la prueba de lactación. Se presume que esta respuesta fue diferente de la prueba anterior debido a un lote

diferente de ingredientes fibrosos, los cuales probablemente eran cercanos en contenido de proteína a los valores tabulares, por lo tanto, el porcentaje de PC coincidió con el análisis calculado, teniendo con ello mejor control para la variable consumo de proteína cruda.

El consumo de MS como porcentaje del peso vivo no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$). El promedio de los cuatro tratamientos (2.35 %), es ligeramente menor al obtenido en la prueba de lactación (2.43 %). Sin embargo este porcentaje coincide con los valores tabulados por el NRC (1989), para animales con características similares a los utilizados en esta parte de la prueba experimental.

El CUADRO 9 corresponde al consumo de fracciones de la fibra (FDN y FDA). Las cantidades consumidas de estos componentes a partir del ensilado de sorgo, son similares entre tratamientos ($P > 0.05$). En cambio, el consumo total de FDN y de FDA para los tratamiento 1, 2, 3 y 4, tienden a incrementarse de manera significativa ($P < 0.05$) debido, como se esperaba al aumento en el porcentaje de FDN en cada uno de los concentrados en estudio, la diferencia más marcada se observa entre el tratamiento 1 y el 4. Estos resultados son similares a los obtenidos por Beauchemin y Buchanan-Smith (1989), en cuanto a la cantidad consumida de fracciones de la fibra, en un experimento donde proporcionaron a vacas en lactación niveles del 26, 30 y 34 % de FDN en el alimento.

El consumo de FDN y FDA a partir del concentrado fue diferente estadísticamente ($P < 0.05$); como respuesta al incremento en el porcentaje de este componente de la fibra en los concentrados experimentales.

El consumo de la FDN como porcentaje del peso vivo no

presenta diferencias estadísticas ($P>0.05$), como en el caso de la prueba de lactación; aunque en los resultados se observa una tendencia a incrementarse.

El consumo de lignina no manifestó diferencia estadística ($P>0.05$), al comparar los niveles del sorgo consumido. Sin embargo, al igual que sucede con la FDN y la FDA; el consumo de lignina a partir de los concentrados muestra diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$), afectando el consumo total de lignina.

La producción de leche (CUADRO 10) como respuesta a la suplementación con concentrados con niveles crecientes de FDN en la prueba metabólica, fue similar entre tratamientos ($p>0.05$). Al respecto, Beauchemin y Buchanan-Smith (1989) indican que por efecto de incrementar la concentración de FDN del 26 a 30 y 34 % en la dieta de vacas en lactación, la producción de leche decreció linealmente de 20.8 a 19.9 y 19.1 kg/día respectivamente. En cambio, el porcentaje de grasa en la leche se incrementa linealmente (3.55, 3.72 y 3.81 %) a medida que se aumentó la concentración de FDN en el alimento. Esta respuesta es atribuible a la concentración de ácido acético en el contenido ruminal y a la digestibilidad de la FDN utilizada.

En este experimento las variables correspondientes a la composición de la leche, como son la proteína, los sólidos totales y la grasa no fueron afectados por el consumo de concentrados con niveles crecientes de FDN. En relación con el porcentaje de grasa, se esperaba resultara mayor en la medida que se incrementaron los niveles de la FDN en cada uno de los concentrados experimentales. Es bastante probable que el porcentaje de grasa no se incrementara en los tratamientos, debido a que la relación forraje:concentrado fue próxima a

60:40. Al respecto NRC (1989) menciona que cuando el concentrado en la ración de vacas lecheras en producción excede el 70 %, el consumo de forraje resulta inadecuado para una fermentación ruminal normal, reduciendo en forma drástica el porcentaje de grasa en leche, en cambio si la relación forraje:concentrado se diera de manera inversa, es factible que el porcentaje de grasa en leche se aumente; en tanto que, de una relación cercana al 50:50 se podría esperar que no se dieran cambios significativos.

La digestibilidad aparente de la MS, MO y PC se presentan en el Cuadro 11; como en el caso de la prueba de lactación, dichas digestibilidades fueron estimadas utilizando lignina como marcador interno. En el caso de las digestibilidades de la MS y la MO, estas tienen un comportamiento similar, siendo diferente el tratamiento 1 de los tratamientos 2, 3 y 4 ($P < 0.05$), observándose que a medida que el nivel de FDN se incrementa en los tratamientos en estudio la digestibilidad de estos dos componentes resulta ser menor. En este mismo cuadro, se observa que la digestibilidad aparente de la PC no fué afectada por los tratamientos experimentales ($P > 0.05$).

La digestibilidad de la PC se comportó de manera distinta a la digestibilidad de la prueba de lactación; esto probablemente se debió a que los lotes de ingredientes utilizados en esta prueba fueron diferentes y, que probablemente su contenido de proteína se encontraba muy próximo al valor considerado para realizar el análisis calculado. Al respecto Weiss et al (1989) reportan no haber encontrado diferencias estadísticas en la digestibilidad aparente de la PC por efecto de utilizar diferentes fuentes de FDN para la elaboración de alimentos para vacas en lactación.

En el Cuadro 11, se presenta también la digestibilidad

aparente de la FDN y la FDA, estimada utilizando lignina como marcador interno. No existió diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) para ninguno de los componentes de la fibra, aunque se esperaba que la digestibilidad aparente de la FDN y FDA resultara mejor como respuesta a la creación de condiciones ruminales favorables, esto al propiciar el consumo de mayores cantidades de FDN dadas por el incremento en el nivel de este componente de la fibra, en los concentrados.

El Cuadro 12 corresponde a los valores promedio de pH del líquido ruminal (fase líquida) y contenido ruminal, en cada uno de los tratamientos en estudio. El pH de la fase sólido-líquida del contenido ruminal no presentó diferencia ($P > 0.05$); esta respuesta es similar a la obtenida por Marshall, et al. (1992) en un experimento con novillos, a los cuales se les alimentaba con una dieta donde la fuente primaria de FDN era el olote de maíz, comparado contra una dieta comercial tradicional (FDN 39.6 % y 42.0 % respectivamente). El pH de la fase líquida del contenido ruminal fue diferente ($P < 0.05$), observándose que el valor más bajo corresponde al tratamiento 2 y el más alto al tratamiento 3; los valores de pH obtenidos en esta parte del experimento no llegan a ser detrimentales para el ecosistema ruminal y por consiguiente para la digestibilidad de la fibra.

En términos generales, el pH ruminal se mantuvo más o menos constante, con valores en los cuales la digestión de la fibra no se deprimió. Probablemente esto se deba a que los animales dedicaron más tiempo a la masticación y la rumia, favoreciendo con estas dos actividades la producción de saliva en una cantidad suficiente que logra ejercer su efecto de amortiguador del pH en el rumen (Marshall et al., 1992).

Las variaciones de pH de las fases líquida y sólido-

líquida del contenido ruminal a diferentes horas; antes y después de ofrecer cada uno de los concentrados experimentales se presentan en las Gráficas 1 y 2 respectivamente. La frecuencia con que se proporcionaba el alimento (cada seis horas) a los animales favoreció que el pH se mantuviera más estable durante las 24 horas de estudio. Estos valores son muy similares a los obtenidos por Kaufmann et al (1980), en una prueba donde proporcionaban el alimento en una frecuencia de seis veces al día (pH 6.4) en comparación con la de sólo dos veces al día (pH 6.6 con caídas hasta 6.0 y 5.9 a las 3 horas después de ofrecer el alimento).

El peso y volumen del contenido ruminal, así como la cantidad de MS total y su composición química, se presentan en el Cuadro 13. El peso de la ingesta ruminal y el volumen muestran una tendencia a incrementarse, sin embargo, el resultado para esta variable no presenta diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$). Estas dos variables parecen estar relacionadas al contenido de agua de la ingesta, ya que en el tratamiento 1, donde el peso y el volumen son menores, la humedad representa el 86.5 %; en tanto que, para el tratamiento 4, donde el peso y el volumen son mayores, esta representa el 87.1 %. Orskov (1980) señala que el volumen del contenido ruminal es dependiente de la capacidad ruminal, dada de manera individual por el peso vivo del animal. Al respecto Snyder et al. (1984) probaron alimentar ensilado de maíz más grano molido de maíz en una relación 50:50 y 75:25 a vacas en lactación; encontrando que el volumen en litros, medido por remoción del contenido ruminal en forma manual fue de 65 vs 71 litros, asociando esta respuesta con el mayor contenido de fibra en la ingesta y mayor tiempo de permanencia de la misma en el rumen.

Las variables relacionadas a la composición química del contenido ruminal como son porcentaje de MS, MO, PC, FDN, FDA y lignina se comportaron de manera similar (Cuadro 13), sin que los resultados presentaran diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$).

En el Cuadro 14 se indican los parámetros de la digestibilidad in situ del ensilado de sorgo forrajero en cuatro ambientes ruminales; dados estos por efecto de la suplementación con concentrados con niveles crecientes de FDN y ensilado de sorgo forrajero como base de la dieta. No existió diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) para ninguno de los parámetros en estudio, sin embargo, la tasa de digestión del forraje muestra una tendencia favorable a medida que se eleva el nivel de FDN en el concentrado. De la misma manera, sin presentar diferencia estadística ($P > 0.05$), el tiempo de retraso de la digestión (fase lag) tiende a ser menor en la medida que los niveles de FDN en el concentrado se elevan del 13.24 % en el tratamiento 1 hasta 36.44 % en el tratamiento 4; este comportamiento probablemente sea debido a que las condiciones ruminales resultan favorables para que los microorganismos lleven a cabo de manera eficiente la invasión de la matriz celular del ensilado de sorgo.

El consumo de lignina a pesar de ser mayor en 12.71 %, 24.35 % y 26.47 % para los tratamientos 2, 3 y 4 respectivamente en comparación con el tratamiento 1, no afectó la velocidad con la que se realiza la digestión de la materia seca ni el tiempo de retraso de la digestión (fase lag); esto coincide con algunos 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). (GRAFICA 3)

El CUADRO 15, corresponde a los parámetros de la digestibilidad in situ de los concentrados 1 (bajo en FDN) y 4 (alto en FDN). En este caso, después de realizar una comparación de medias, todos los parámetros de la digestibilidad difieren estadísticamente, encontrándose que la fracción soluble al tiempo cero es menor para el tratamiento 1 en comparación con el tratamiento 4; esto es debido a la composición de los concentrados, específicamente a que el almidón proveniente del grano de sorgo molido es insoluble en agua, además, es necesario considerar que este ingrediente se excluye de manera total en el tratamiento 4.

La fracción indigestible a las 36 horas es mayor para el tratamiento 4 (33,7%), en comparación con la fracción indigestible del tratamiento 1 (7.8 %), esta respuesta era de esperarse ya que los ingredientes que conforman al tratamiento 4 eran esencialmente fibrosos. En el mismo sentido, la fracción potencialmente digestible (FPD) fue mayor para el tratamiento 1 (75.5 %) comparada con la FPD del tratamiento 4 (43.0 %).

La tasa de digestión fue del 4.8 % para el concentrado con bajo contenido de FDN y del 7.0 % para el concentrado con un mayor porcentaje de FDN. La diferencia estadística en este parámetro probablemente se vió favorecida por el ambiente ruminal creado por alimentar ensilado de sorgo forrajero más el suplemento con el nivel más alto de FDN, lo cual hace suponer que la población de los microorganismos encargados de la degradación de la fibra fuera más elevada en éste, que en el ambiente ruminal donde se suplementó con el concentrado bajo en fibra; siendo la tasa de digestión mejor para el tratamiento 4 que para el tratamiento 1. Sin embargo, estas condiciones probablemente no favorecen a las bacterias para invadir con mayor velocidad la matriz de la pared celular de

los ingredientes que constituyen el alimento, siendo menor en el caso del concentrado con bajo contenido de FDN en comparación con el concentrado alto en FDN (3.7 vs 5.2 horas). En este caso la colonización y digestión de los polímeros que constituyen a la fibra, se ven afectados por la estructura de la misma y por la complejidad química de los componentes, asumiendo que el mayor contenido de lignina en la matriz de la pared celular de los ingredientes que constituyen al alimento es un factor determinante para el retraso de la digestión o fase "lag" (Cheng y Costerton, 1980). (GRAFICA 4)

CUADRO 8. CONSUMO DE MATERIA SECA, MATERIA ORGANICA Y PROTEINA CRUDA POR VACAS ALIMENTADAS CON ENSILADO DE SORGO FORRAJERO Y CONCENTRADOS CON NIVELES CRECIENTES DE FDN

CONSUMO	T R A T A M I E N T O ¹				
	1	2	3	4	EEM ²
<u>Materia seca, kg/día</u>					
Ensilado	6.15	6.31	6.23	6.20	0.206
Concentrado	3.86	3.91	3.96	3.84	0.101
Total	10.01	10.22	10.19	10.04	0.294
<u>Materia seca, % del peso vivo</u>					
	2.37	2.34	2.41	2.31	0.067
<u>Materia orgánica, kg/día</u>					
Ensilado	5.65	5.80	5.72	5.70	0.184
Concentrado	3.62	3.61	3.60	3.41	0.095
Total	9.27	9.41	9.32	9.11	0.264
<u>Proteína cruda, kg/día</u>					
Ensilado	0.32	0.33	0.32	0.32	0.011
Concentrado	0.72	0.82	0.82	0.80	0.062
Total	1.04	1.15	1.14	1.12	0.068

¹ 13.24; 20.97; 28.70 y 36.44% de FDN en el concentrado para los tratamientos 1, 2, 3, y 4 respectivamente

² **EEM** = Error estándar de la media

CUADRO 9. CONSUMO DE FRACCIONES DE FIBRA, POR VACAS ALIMENTADAS CON ENSILADO DE SORGO FORRAJERO Y CONCENTRADOS CON NIVELES CRECIENTES DE FDN

CONSUMO	TRATAMIENTO ¹				
	1	2	3	4	EEM ²
<u>Fibra detergente neutro, kg/día</u>					
Ensilado	4.44	4.55	4.48	4.48	0.149
Concentrado	0.52 ^a	0.82 ^b	1.11 ^c	1.40 ^d	0.034
Total	4.96 ^a	5.37 ^{ab}	5.59 ^b	5.88 ^b	0.168
<u>Fibra detergente neutro, % del peso vivo</u>					
	1.17	1.23	1.32	1.35	0.040
<u>Fibra detergente ácido, kg/día</u>					
Ensilado	3.04	3.12	3.08	3.08	0.101
Concentrado	0.19 ^a	0.42 ^b	0.60 ^c	0.79 ^d	0.019
Total	3.23 ^a	3.54 ^{ab}	3.68 ^b	3.87 ^b	0.113
<u>Lignina, kg/día</u>					
Ensilado	0.62	0.63	0.62	0.61	0.016
Concentrado	0.05 ^a	0.11 ^b	0.20 ^c	0.22 ^c	0.015
Total	0.67 ^a	0.74 ^b	0.82 ^c	0.83 ^c	0.016

¹ 1)13.24; 2)20.97; 3)28.70 y 4)36.44% de FDN en el concentrado

² EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d/ Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

CUADRO 10.EFECTO DE ALIMENTAR DIFERENTES NIVELES DE FDN EN EL CONCENTRADO, SOBRE LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE EN VACAS CONSUMIENDO ENSILADO DE SORGO FORRAJERO COMO BASE DE SU DIETA

VARIABLE	T R A T A M I E N T O				
	1	2	3	4	EEM ¹
Leche, kg/día	5.77	6.80	6.35	6.19	0.393
Proteína, %	3.02	3.07	3.00	2.95	0.052
Sólidos totales, %	11.52	10.92	11.05	11.07	0.274
Grasa, %	3.60	3.40	3.62	3.42	0.183

¹ EEM = Error estándar de la media

CUADRO 11. EFECTO DE ALIMENTAR DIFERENTES NIVELES DE FDN EN EL CONCENTRADO, SOBRE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA, MATERIA ORGANICA, PROTEINA CRUDA Y FRACCIONES DE FIBRA EN VACAS CONSUMIENDO ENSILADO DE SORGO FORRAJERO COMO BASE DE SU DIETA¹

DIGESTIBILIDAD	T R A T A M I E N T O ²				
	1	2	3	4	EEM ³
Materia seca, %	49.3 ^a	46.3 ^{ab}	44.7 ^b	44.1 ^b	0.892
Materia orgánica, %	52.8 ^a	49.9 ^{ab}	48.4 ^b	47.5 ^b	0.912
Proteína cruda, %	33.9	33.2	37.1	38.8	3.115
Fibra detergente neutro, %	32.5	33.7	31.9	34.3	1.263
Fibra detergente ácido, %	28.1	27.5	26.6	29.1	1.235

¹ Digestibilidad aparente estimada con lignina como marcador interno

² 13.24; 20.97; 28.70 y 36.44 % de FDN en el concentrado para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente

³ **EEM** = Error estándar de la media

a,b/ Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

CUADRO 12. VALORES PROMEDIO DEL pH DE LAS FASES LIQUIDA Y SOLIDA-LIQUIDA DEL CONTENIDO RUMINAL DE VACAS ALIMENTADAS CON NIVELES CRECIENTES DE FDN EN EL CONCENTRADO Y ENSILADO SORGO FORRAJERO

VARIABLE	T R A T A M I E N T O ¹				
	1	2	3	4	EEM ²
pH fase líquida	6.63 ^{ab}	6.58 ^b	6.73 ^b	6.68 ^{ab}	0.045
pH fase líquida-sólida	6.46	6.49	6.60	6.48	0.054

¹ Tratamientos: 1) 13.24; 2) 20.97; 3) 28.70 y 4) 36.44% de FDN en el concentrado

² **EEM** = Error estándar de la media

a,b/ Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

CUADRO 13. CARACTERISTICAS DEL CONTENIDO RUMINAL DE VACAS ALIMENTADAS CON ENSILADO DE SORGO FORRAJERO Y CONCENTRADOS CON NIVELES CRECIENTES DE FDN

VARIABLE	T R A T A M I E N T O ¹				
	1	2	3	4	EEM ²
Peso fresco, kg	58.25	62.90	65.15	66.25	3.028
Volumen, litros	63.82	66.50	65.82	74.25	5.405
Materia seca, %	13.56	12.41	13.47	12.96	0.487
Materia seca total, kg	7.74	7.68	8.78	8.71	0.384
Materia orgánica, %	87.81	86.77	89.94	87.64	0.732
Proteína cruda, %	15.82	17.07	16.63	16.39	0.410
Fibra detergente neutro, %	73.11	73.60	74.43	74.65	0.910
Fibra detergente ácido, %	48.40	47.74	46.76	46.68	1.099
Lignina, %	11.27	11.75	11.22	11.79	0.357

¹ 13.24; 20.97; 28.70 y 36.44% de FDN en el concentrado para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente

² **EEM** = Error estándar de la media

CUADRO 14. PARAMETROS DE LA DIGESTIBILIDAD in situ (% BS) DEL ENSILADO DE SORGO FORRAJERO EN CUATRO AMBIENTES RUMINALES^{1,2}

VARIABLE	T R A T A M I E N T O				
	1	2	3	4	EEM ³
Fracción indigestible (72 h)	42.88	44.18	43.75	43.81	1.931
Fracción potencialmente digestible	42.81	41.51	41.93	41.88	2.175
Tasa de digestión, %/h	3.05	3.27	3.46	3.65	0.017
Tiempo lag. (h)	16.75	14.89	13.60	13.52	2.267

¹ Ambiente ruminal creado por el concentrado que se ofreció al animal

² La fracción soluble inicial del ensilado representó el 14.3±.26% de la materia seca.

³ EEM = Error estándar de la media

CUADRO 15. PARAMETROS DE LA DIGESTIBILIDAD in situ DE LOS CONCENTRADOS BAJO Y ALTO EN FIBRA DETERGENTE NEUTRO

	C O N C E N T R A D O ¹	
	BAJO EN FDN	ALTO EN FDN
Fracción soluble (0h)	16.6±1.38 ^a	23.7±4.07 ^b
Fracción indigestible (36 h)	7.8±2.54 ^a	33.7±1.03 ^b
Fracción potencialmente digestible	75.5±1.81 ^a	43.0±3.30 ^b
Tasa de digestión, %/h	4.8±0.56 ^a	7.0±0.97 ^b
Tiempo lag. (h)	3.7±1.85 ^a	5.2±0.46 ^b

¹ -Bajo en FDN: 13.24 %
 -Alto en FDN: 36.44 %

^{a,b}/ Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

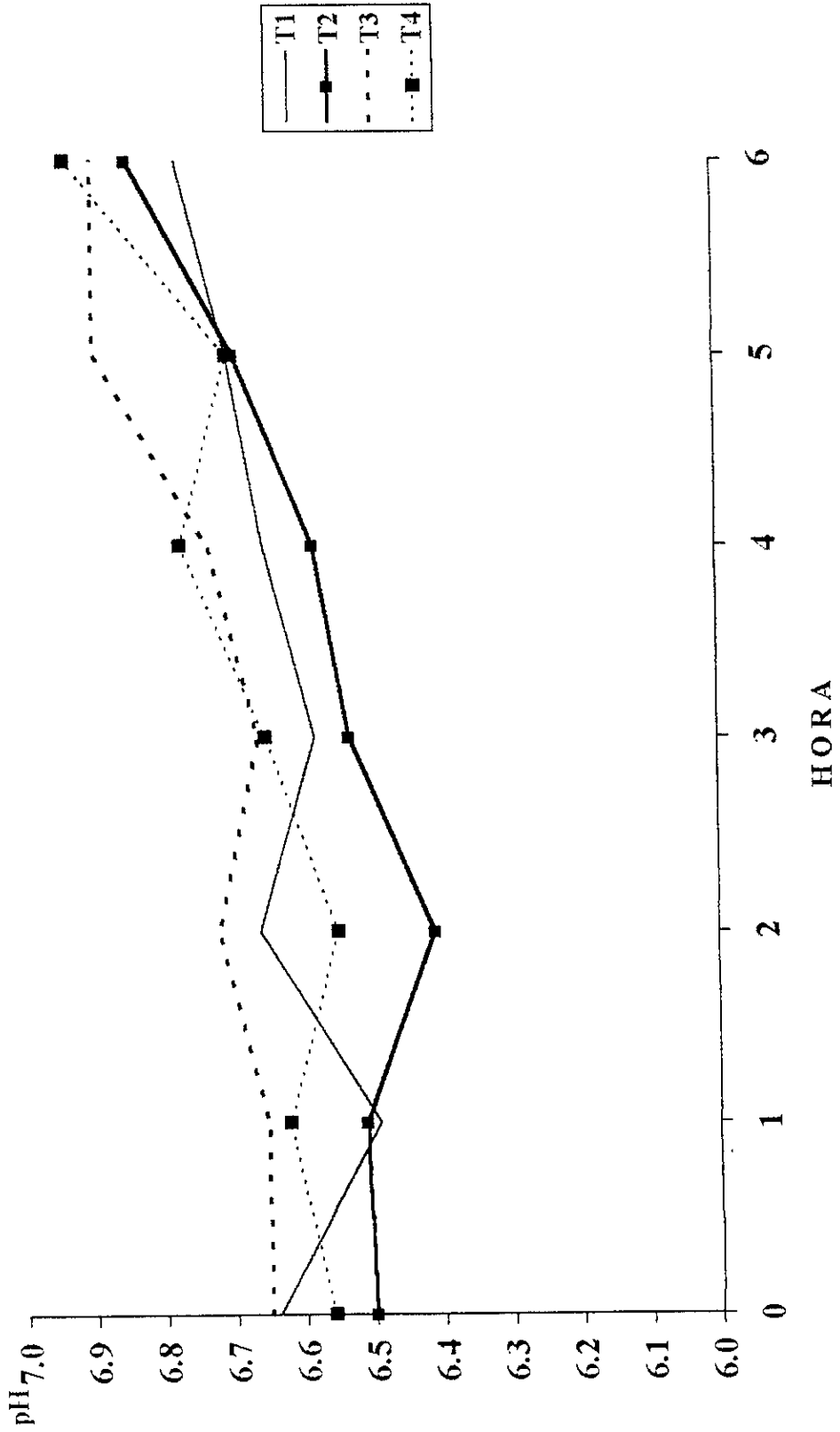
CONCLUSIONES

- Este trabajo confirma los hallazgos de la primera prueba en cuanto a producción y calidad de la leche en cuanto a que no se encontró efecto del nivel de FDN en ninguna de estas variables.
- Al igual que en el primer trabajo se encontró un mayor consumo de fracciones de fibra en los animales consumiendo dietas altas en FDN, sin que el consumo total de materia seca se haya modificado.
- La digestibilidad de proteína no fue afectada por el nivel de FDN del concentrado, contrastando con lo ya descrito para el primer experimento. La digestibilidad de la materia seca, la materia orgánica y las fracciones de fibra disminuyó a medida que se incrementaba el nivel de FDN en el concentrado (resultado similar a lo hallado en la primera prueba).
- El incremento en el nivel de FDN no provocó ningún cambio en el peso, volumen o las características químicas del contenido ruminal.
- La digestibilidad in situ de la Materia Seca del forraje no se favoreció de manera significativa con la utilización de niveles altos de FDN en el concentrado. Sin embargo se observa que la tasa de digestión mejora y el tiempo de retraso de la digestión (lag) se reduce por efecto del ambiente ruminal dado por el incremento en el porcentaje de FDN de los concentrados.
- El concentrado con bajo contenido de FDN se degradó a una tasa mayor que el concentrado con el nivel alto de FDN y el tiempo de retraso de la digestión fue menor.

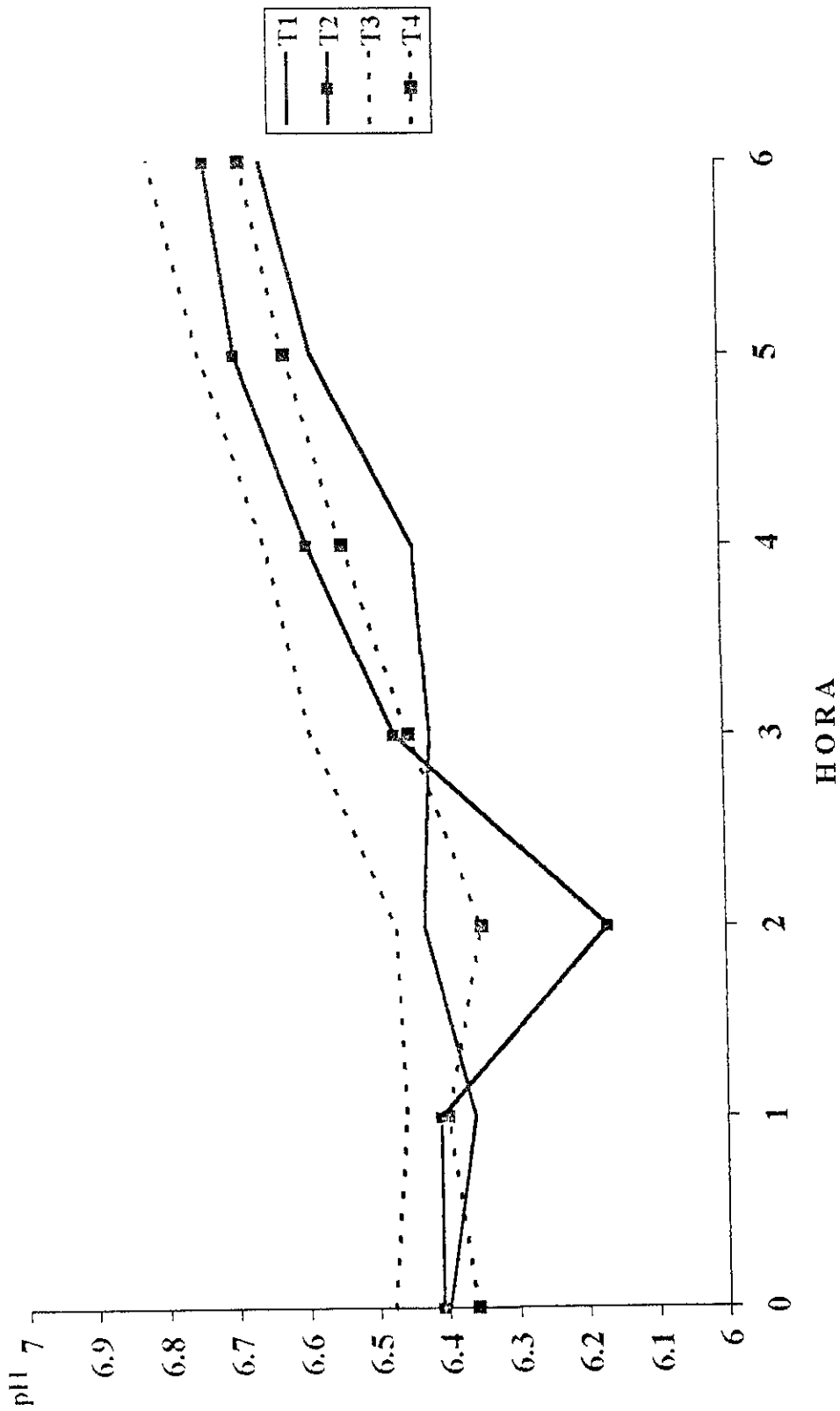
CONCLUSIONES GENERALES

- La utilización de niveles crecientes de FDN en el concentrado no acarrió efectos negativos sobre el comportamiento productivo a pesar de una disminución en la digestibilidad aparente de la materia seca. Esto quizá debido a que el concentrado con alto contenido de fibra provocó una tasa de digestión más rápida. Por lo que se abre la posibilidad de la inclusión de esquilmos agrícolas de bajo costo en la elaboración de alimentos balanceados para vacas lecheras.
- Experimentos futuros deberán contemplar el uso de distintas fuentes de FDN y determinar sus tasas de degradabilidad y el efecto que esto tiene en la productividad de la vaca lechera.

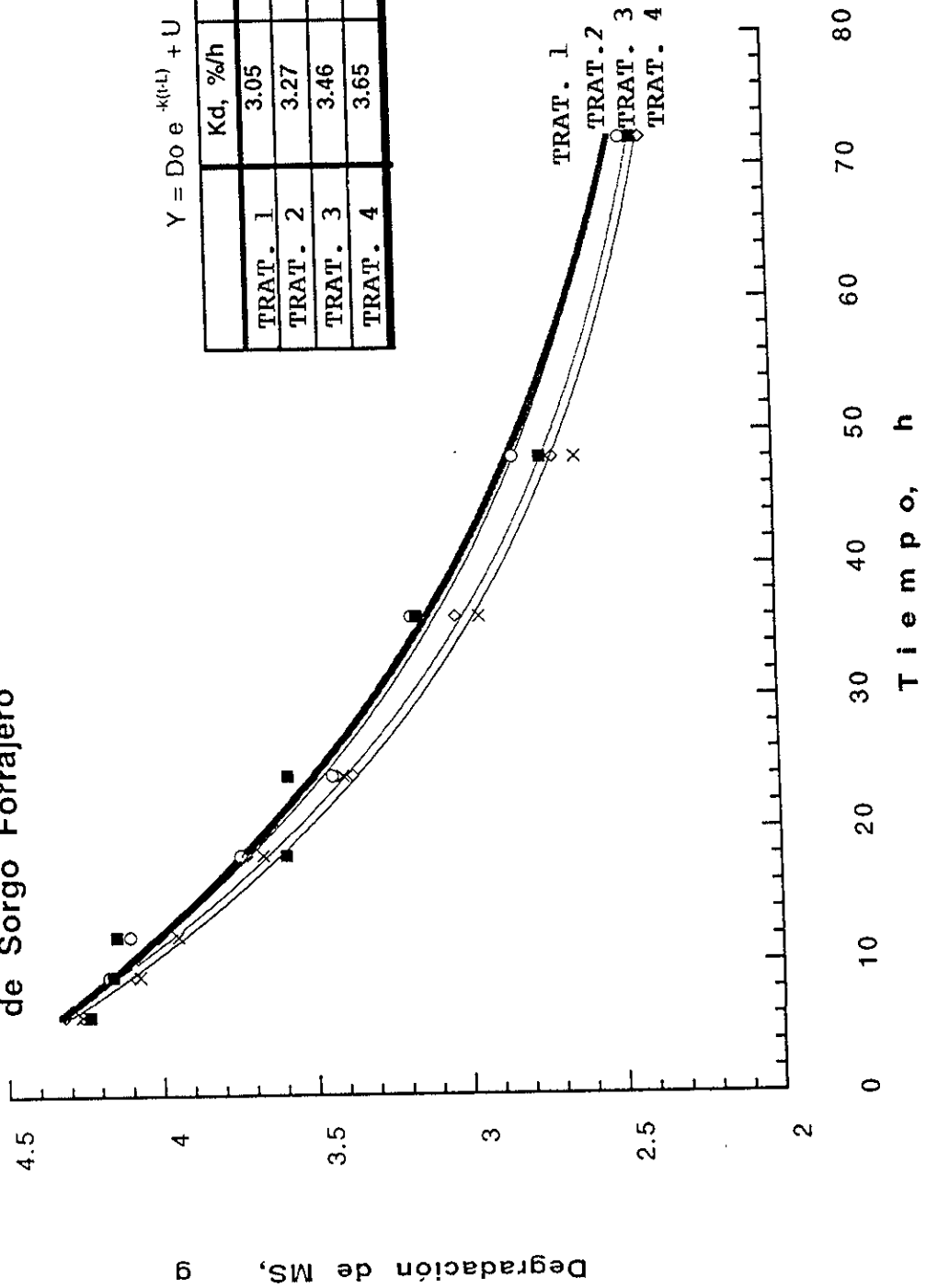
GRÁFICA 1.- VARIACIÓN DEL PH A DIFERENTES HORAS DESPUÉS DE OFRECER EL ALIMENTO, EN LA FASE LIQUIDA DEL CONTENIDO RUMINAL, POR EFECTO DEL CONSUMO DE CONCENTRADOS CON NIVELES CRECIENTES DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO.



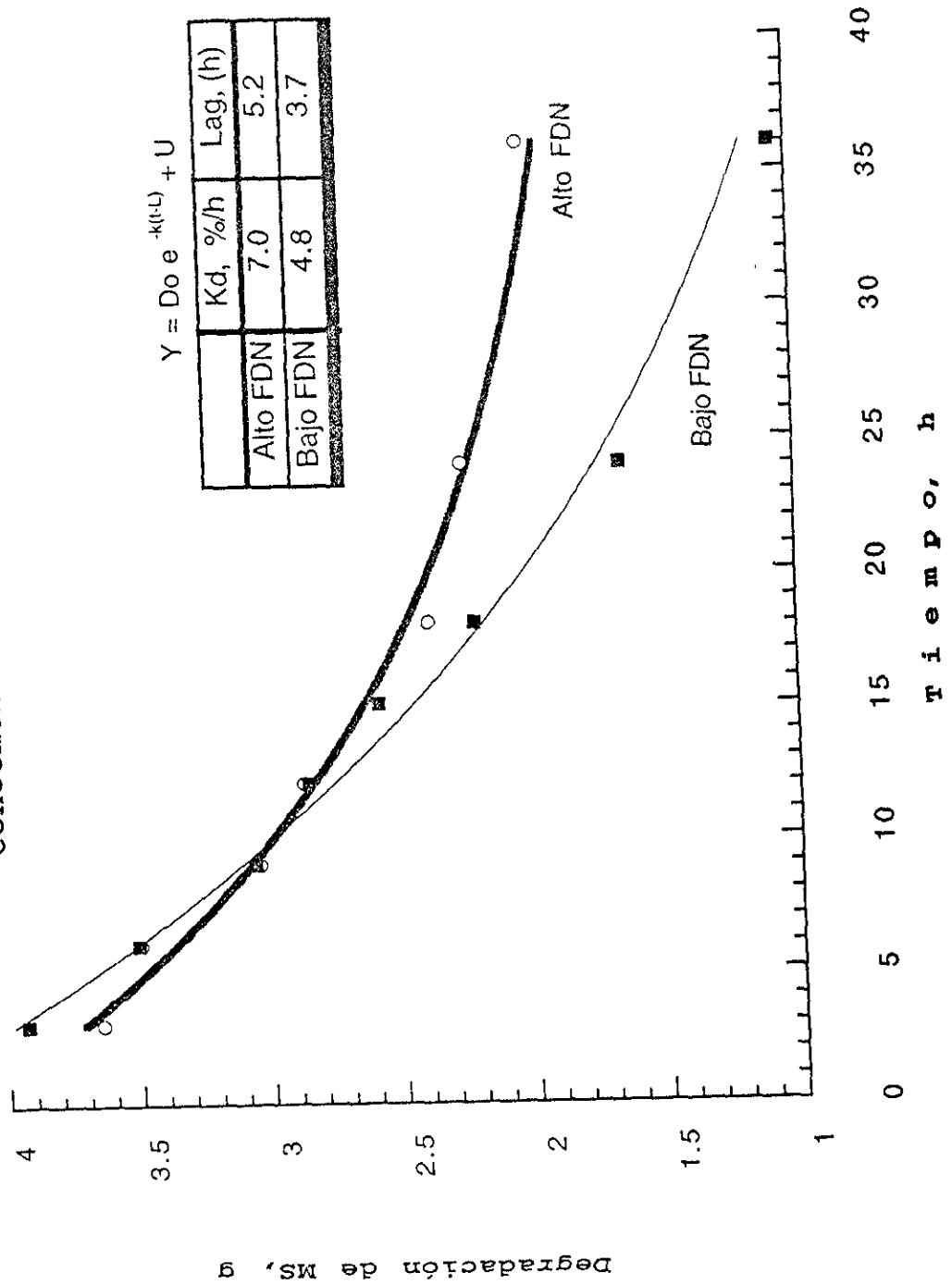
GRÁFICA 2.- VARIACIÓN DEL PH A DIFERENTES HORAS DESPUES DE OFRECER EL ALIMENTO, EN LA FASE SOLIDO-LIQUIDA DEL CONTENIDO RUMINAL, POR EFECTO DEL CONSUMO DE CONCENTRADOS CON NIVELES CRECIENTES DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO.



GRAFICA 3. Degradación in situ de la Materia Seca del Ensilado de Sorgo Forrajero



GRAFICA 4. Degradación in situ de la Materia Seca de los Concentrados Alto Y Bajo en FDN



LITERATURA CITADA

- Armitage, E.R.; Ashworth, R. de B. and Ferguson, W.S. (1948). Citados por Van Soest, P.J., 1985. Definition of fibre in animal feeds. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, Eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- Bartley, E.E. (1976). Citado por Church, D.C., 1988. Salivary function and production IN: The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition O & B Books.
- Beauchemin, K.A., 1991. Effects of dietary neutral detergent fiber and alfalfa hay quality on chewing, rumen function and milk production of Dairy Cows. J. Dairy Sci. 74: 3140-3151.
- Beauchemin, K.A. and Buchanan-Smith, J.G., 1989. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementation long hay on chewing activities and milk production of Dairy Cows. J. Dairy Sci. 72: 2288-2300
- Bernard, J.K. and McNeill, W.W., 1991. Effect of high fiber energy supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 74: 991-995
- Blaxter, L. (1964). Citado por Coto, G., 1986. Nutrición proteica de rumiantes: Nuevos Avances Científicos. Ed. EDICA. La Habana, Cuba. Pp.1-4.

- Bustamante, G.J. y Llamas, L.G., 1991. Respuesta de vacas en lactación alimentadas con forrajes toscos a la suplementación de concentrados altos en fibra o en almidón. Memoria de la III Reunión Estatal del CIFAP-Nayarit. Tepic, Nay. Diciembre de 1991
- Cabello, F.E., 1982. Alimentación y manejo de becerras para reemplazo. EN: Manual sobre ganado productor de leche. 1a. edición. Ed. Diana, Mexico, D.F.
- Crampton, E.W. and Maynard, L.A. (1938). Citados por Van Soest, P.J., 1985. Definition of fibre in animal feeds. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- Colucci, P.E.; L.E. Chase and P.J. Van Soest, 1982. Feed intake, apparent diet digestibility and rate of particulate passage in Dairy Cattle. J. Dairy Sci. 65: 1445-1456.
- Collier. R.J., 1985. Nutritional, Metabolic and Environmental aspects of lactation. IN: Lactation. 1st edition. Ed. Bruce L. Larson. Iowa State University, U.S.A.
- 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
- Coto, G., 1986. Nutrición proteica de rumiantes: Nuevos Avances Científicos. Ed EDICA. La Habana, Cuba. Pp. 1-4.

- Cheng, K.J. and Costerton, J.W., 1980. Adherent rumen bacteria-their role in the digestion of plant material, urea and epithelial cells. IN: Digestive physiology and metabolism in ruminants. edited by Ruckebusch, Y. and Thiven, P.. AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. Pp. 227-250.
- Church, D.C., 1976. Digestive physiology and nutrition of ruminants. 2a. ed. O & B, Ed. Corvallis, Oregon, U.S.A.
- Dirven, J.G.P. (1976). Citado por Pérez, I.F., 1986. Principales factores que afectan al pasto como alimento. EN: Los pastos en Cuba. Tomo I. Ed. EDICA. La Habana, Cuba. Págs. 753-784.
- Edmonson. A.J.; I.J. Lean; L.D. Weater; T. Farver and G. Webster, 1989. A body condition scoring chart for Holstein Dairy cows. J. Dairy Sci. 65: 1445-1456.
- Einhof, H. (1806). Citado por Van Soest, P.J., 1985. Definition of fibre in animal feeds. IN: Recent Advances in Animal Nutrition. eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- FAO, 1991. El estado mundial de la agricultura y la alimentación, 1990. Roma, Italia. FAO: Colección FAO. Agricultura No. 23.
- Fernández-Baca, S. 1992. Perspectivas de la producción de leche y carne en el Trópico Americano. EN: Avances en la producción de leche y carne en el Trópico Americano. FAO. Santiago, Chile. Pp. 483-504.

- FIRA, 1991. Seminario de Lechería Tropical. Fideicomiso Instituído en Relación con la Agricultura, Banco de México. Villahermosa, Tab..
- Funes, F.; Febles, G. y Pérez, I.F., 1986. Los pastos y el desarrollo ganadero en Cuba. EN: Los Pastos en Cuba. Tomo I. Ed. EDICA. La Habana, Cuba. Pp. 1-24.
- Gaillard, B.D.E. (1958). Citado por Van Soest, P.J., 1985. Definition of fibre in animal feeds. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- García, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2a. ed. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- García, T.R., 1986. Potencial y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche. EN: Los Pastos en Cuba. Tomo II Ed EDICA. La Habana, Cuba. Pp. 248-298.
- Garza, F. J. de D., 1990. Técnicas para realizar la fistulación y canulación del esófago y del rumen. 1a. ed.. Manual de técnicas de investigación en rumiología, Sist. Educ. Cont. en Prod. Anim., A.C. México, D.F. p. 231-242
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J., 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications), Agricultural handbook No.319. Agr. Serv. U.S.D.A., U.S.A.

- González, P. E., 1982. Programa integral de manejo para aprovechar el potencial del trópico mexicano para producir carne de vacuno. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Buiatría; Veracruz, Ver. octubre de 1982.
- González, P. E., 1993. Situación actual y perspectivas de la producción de leche en la ganadería de doble propósito en las regiones tropicales. EN: XVI Simposium de Ganadería Tropical. 4o. Ciclo de Conferencias sobre bovinos de doble propósito. Noviembre 11 de 1993. Veracruz, Ver. Pp. 1-14.
- Grummer, R.R., 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. Symposium: Milk fat-Composition, Function and Potential for Change. J. Dairy Sci. Vol.74: 3244-3247.
- Hardwood, V.D. (1954). Citado por Van Soest, P.J., 1985. Definition of fibre in animal feeds. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- Hungate, R.E., (1966). Citado por Coto, G., 1986. Nutrición proteica de rumiantes: Nuevos Avances Científicos. Ed. EDICA. La Habana, Cuba. Pp. 1-4.
- Jung, H.G. and Fahey, Jr. G.C., 1983. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: A review. J. of Anim. Sci. Vol. 57 No. 1 p. 206-219.
- Jung, H.G. and Vogel, K.P., 1986. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. J. Anim. Sci., 62:1703-1712.

- Kaufmann, W.; Hagemeister, H. and Dirksen, G., 1980. Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding. IN: Digestive physiology and metabolism in ruminants. edited by Ruckebusch, Y. and Thiven, P.. AVI Publishing Company, INC.. Westport, Connecticut. Pp. 587-602.
- Kaufmann, W.; Rohr, K; Daenicke, R. and Hagemeister, H. (1975). Citados por Steg, A.Y.; Van Der Honing and De Visser, H., 1985. Effect of fibre in compound feeds on the performance of ruminants. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- 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.
- Lascano, C. y Quiroz, R., 1990. Metodología para estimar la dinámica de la digestión en rumiantes. EN: Nutrición de Rumiantes. Guía Metodológica de Investigación, ALPA - RISPAL
- Lucas, H.L., Jr. and W.W.G. Smart, Jr. (1959). Citados por Moore, J.E., 1986. ADF and NDF-Concepts, Analysis and application. University of Florida, Gainesville, 32611.
- Lusby, K.S. and Wagner, D.G., 1986. Effects of supplements on feed intake. Symp. Procc. Feed Intake by Beef Cattle. Oklahoma State University. November 20-22.

- Llamas, L. G., 1990. Necesidades de investigación para optimizar el uso del recurso forrajero en la alimentación animal. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, 1990. Villahermosa, Tab. Méx.
- Llamas, L.G. y Tejada de H. I., 1990. Técnicas de laboratorio para análisis de forrajes para rumiantes. Manual de técnicas de investigación en rumiología, 1a. edición. Ed. Sist. Educ. Cont. en prod. Anim. A.C., México, D.F.
- Marshall, S.A.; Campbell, C.P.; Mandell, I.B. and Wilton, J.W., 1992. Effects of source and level of dietary neutral detergent fiber on feed intake, ruminal fermentation, ruminal digestion in situ, and total tract digestion in beef cattle fed pelleted concentrates with or without supplemental roughage. J. Anim. Sci. 1992. 70: 884-893
- Martínez, R.O. y García, L.R. 1986. Alimentación con concentrados a vacas lecheras en pastoreo. EN: Los Pastos en Cuba. Ed. EDICA. La Habana, Cuba. Pp. 300-330.
- Mc. Meekan, C.P., (1956). Citado por Pérez, I.F., 1986. Principales factores que afectan el pasto como alimento. EN: Los Pastos en Cuba. Tomo I. Ed EDICA. La Habana, Cuba. Págs. 753-784.
- Meherez, R.Z. and E.R. Orskov, 1979. Study of the artificial bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. (Camb) 88:645

- Mertens, D.R. 1980. Fiber content and nutrient density in Dairy rations. Proceedings. Vol. 35. March 27, 1980. Cincinnati, Ohio, U.S.A.
- 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., 1985a. Effect of fiber on feed quality for dairy cows. IN: Proc. 46th Minn. Nutr. Conf. St. Paul. University of Minnesota, p. 209-224
- Mertens, D.R. 1985b. Citado por Moore, J.E., 1986. ADF and NDF-Concepts, analysis and application. University of Florida, Gainesville, 32611.
- Mertens, D.R. and Lofton, J.R., 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. J. Dairy Sci. 63: 1624-1633.
- Moore, J.E., 1986. ADF and NDF - Concepts, analysis and application. University of Florida, Gainesville. 32611.
- Nocek, J.E. 1985. Citado por Romero, F., 1990. Utilización de la técnica de digestión in situ para la caracterización de forrajes. Nutrición de Rumiantes. Guía Metodológica de Investigación ALPA - RISPAL

- Norman, A.G. 1935. Citado por Van Soest, P.J., 1985. Definition of fibre in animal feeds. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W. and Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- NRC, 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth Revised Edition. Ed. National Academy of Sciences. National Research Council. Washington, D.C..
- Orskov, E.R., 1980. Possible nutritional constrains in meeting energy and amino acid requeriments of the highly productive ruminant. IN: Digestive physiology and metabolism in ruminants. edited by Ruckebusch, Y. and Thiven, P.. AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. Pp. 309-324.
- Orskov, E.R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. J. Dairy Sci., Vol. 63: 1624-1633.
- Paloheimo, L. and Paloheimo, I. (1949). Citados por Van Soest, P.J., 1985. Definition of fibre in animal feeds. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- Pérez, D. M., 1983. La ganadería lechera en México y en el mundo. EN: Manual sobre la glándula mamaria. Ed. Técnica y Productos Agropecuarios Texcoco, S.A. Texcoco, Edo. de Mexico. Pp. 1-33.

- Pichard, G. y Alcalde, J.A., 1990. Determinación de carbohidratos no estructurales. Nutrición de rumiantes: Guía Metodológica de Investigación. Ed. ALPA-RISPAL. San Jose, Costa Rica. Pp. 3-23.
- Riesco, A., 1992. La ganadería bovina en el Trópico Americano. EN: Avances en la producción de leche y carne en el Trópico Americano. FAO. Santiago, Chile. Pp. 13-46.
- Román, P.H. 1992. Reproducción y manejo reproductivo de los bovinos en el Trópico Americano. EN: Avances en la Producción de leche y carne en el Trópico Americano. FAO. Santiago, Chile. Pp. 483-504.
- SARH, 1990. Dirección General de Políticas para el Desarrollo Agropecuario y Estadísticas del Subsector Pecuario-CONASUPO. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- SAS, 1995. User's guide. 4th Ed. The SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Seoane, J.R., 1982. Relationships between the physico-chemical characteristics of hays and their nutritive value. J. of Anim. Sci., Vol. 55, No. 2: 422-431, 1982.
- Silveira, P.J.V.; Barbosa, M.H.; Almeida, J.E., 1981. Medidas "in vitro" de valores nutritivos de capins. I. Producao e digestibilidade "in vitro" de vinte e cinco capins durante o outono e inverno. B. Industr. Anim. Nova Odessa, SP, 38(2): 155:176. Jul/Dez.

- Snyder, T.J.; Muller, L.D.; Rogers, J.A. and Abrams, S.M., 1984. Digesta passage measured by markers in dairy cows fed two ratios of corn silage:grain with 0 or 1.2 % Sodium Bicarbonate. J. Dairy Sci. 67: 1953-1964
- SPP, 1986. Agenda Estadística. Secretaría de Programación y Presupuesto. Mexico, D.F..
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H., 1988. Principios y procedimientos de bioestadística. Mc. Graw-Hill. Editorial Interamericana, México, D.F.
- Steg, A.Y.; Van Der Honing and De Visser, H., 1985. Effect of fibre in compound feeds on the performance of ruminants. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- Stokes, S.R.; W.H. Hoover; Miller, T.K. and Blaukweikel, R., 1991. Ruminal digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. J. Dairy Sci. Vol.74: 871-881.
- Sutton, J.D., 1991. Concentrate feeding and milk composition. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- Sutton, J.D.; Hart, I.C. and Broster, W.H. (1982). Citados por Steg, A.Y.; Van Der Honing and De Visser, H., 1985. Effect of fibre in compound feeds on the performance of ruminants. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, eds. Haresign, W.; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.

- Tejada de H.I., Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal, De. Patronato de Apoyo a la Investigación Pecuaria en México, A.C. México, D.F.
- Tyrrell, H.F., 1980. Limits to milk production efficiency by the dairy cow. J. Anim. Sci. Vol. 51, No. 6: 1441-1447
- Van Soest, P.J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method the determination of fiber and lignin. Journal of the Association of Official Analytical Chemist 46: 828.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. J.Anim.Sci. 26: 119
- Van Soest, P.J., 1976. Physico-chemical aspects of fiber digestion. IV International Symposium in Ruminant Nutrition. Ed. by Mc. Donald and Worner. P. 351.
- Van Soest, P.J., 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant O & B Books. Corvallis, Oregon, U.S.A.
- Van Soest, P.J., 1985a. Definition of fibre in animal feeds. IN: Recent Advances in Animal Nutrition, ed. Haresign, W. ; Cole, D.J.A., University of Nottingham School of Agriculture.
- Van Soest, P.J., 1985b. Comparative fiber requeriments for ruminants and non-ruminants. Cornell Nutrition Conference; Cornell University. November 1985.

- Van Soest, P.J. and McCammon-Feldman, B., 1980. Criteria for the nutritive evaluation of crop residues and by-products in ruminant feeding. Presented at workshop "Strategies for the use of crop residues in animal feeding" 3/19-21/80 CATIE, Costa Rica.
- Van Soest, P.J. and Mertens, D.R., 1984. The use of NDF versus 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.; Mertens, D.R. and Deinum, B., 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. J. Anim. Sci. vol. 47 No. 3 712-720.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597
- Van Soest, P.J. and Wine, R.H. (1967). Citados por Tejada de H.I., 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal, Ed. Patronato de Apoyo a la Investigación Pecuaria en México, A.C.. México, D.F.. p. 280-283
- Weiss, W.P.; Fisher, G.R. and Erickson, G.M., 1989. Effect of source of neutral detergent fiber and starch on nutrient utilization by dairy cows. J. Dairy Sci. 72: 2308-2315.
- Welch, J.G., 1982. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations. Proceedings for the Georgia Nutrition Conference

Weston, R.H. and Hogan, J.P. (1975). Citados por Pérez, I.F., 1986. Principales factores que afectan el pasto como alimento. EN: Los Pastos en Cuba. Tomo I. Ed. EDICA. La Habana, Cuba. Págs. 753-784.

Apéndice 1. Análisis de varianza del consumo (kg) de Materia Seca, Materia Orgánica, Proteína Cruda y de Materia Seca (% del peso vivo) totales y a partir del forraje o del concentrado en vacas en lactancia alimentadas con niveles crecientes de Fibra Detergente Neutro en el concentrado.

		Cuadrados medios									
		Consumo de :									
		<u>Materia Seca</u>			<u>Materia Orgánica</u>			<u>Proteína Cruda</u>			<u>Materia Seca %</u>
Origen de la variación	Grados de libertad	a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	de peso vivo
Animal	7	3.8073	1.1395	9.0938	3.1042	0.9857	7.5492	0.0141	0.0609	0.1327	0.3545
Tratamiento	3	0.1705	0.0490	0.3627	0.1382	0.1310	0.5282	0.0005	0.0454	0.0448	0.0110
Período	3	0.2846	0.7340	1.7005	0.3501	0.5779	1.5970	0.0091	0.0046	0.0237	0.0541
Error	18	0.2853	0.0813	0.6440	0.2326	0.0758	0.5296	0.0008	0.0058	0.0104	0.0251

Apéndice 2. Análisis de varianza del consumo de fracciones de fibra en vacas alimentadas con niveles crecientes de Fibra Detergente Neutro (FDN) en el concentrado

		Cuadrados medios									
		Consumo de :									
		<u>Fibra Detergente Neutro</u>			<u>Fibra Detergente Acido</u>			<u>Lignina</u>			<u>FDN %</u>
Origen de la variación	Grados de libertad	a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	de peso vivo
Animal	7	1.887	0.089	2.763	0.918	0.036	1.302	0.0253	0.0028	0.0450	0.1076
Tratamiento	3	0.166	1.516	1.561	0.042	0.920	0.896	0.0008	0.0734	0.0709	0.0469
Período	3	0.183	0.055	0.385	0.145	0.010	0.212	0.1068	0.0003	0.0111	0.0116
Error	18	0.140	0.014	0.227	0.070	0.006	0.111	0.0019	0.0006	0.0041	0.0089

Apéndice 3. Análisis de varianza de la producción y calidad de la leche de vacas en lactación (Prueba de lactación).

Origen de la variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Leche, kg/día	% de Proteína	% de Sólidos Totales	% de Grasa
Animal	7	6.1539	0.3499	1.3428	0.6321
Tratamiento	3	0.3872	0.0103	0.1078	0.0258
Período	3	3.7279	0.0411	0.1711	0.0108
Error	18	0.3789	0.0048	0.1083	0.0491

Apéndice 4. Análisis de varianza de la digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fracciones de fibra de vacas en lactación alimentadas con niveles crecientes de Fibra Detergente Neutro (FDN) en el concentrado (Prueba de lactación).

Origen de la variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Materia seca	Materia orgánica	Proteína cruda	FDN	FDA
Animal	7	8.0964	10.6172	2.9508	13.6904	18.0244
Tratamiento	3	73.5016	55.7049	138.9572	2.6906	8.1117
Período	3	51.5467	34.6261	93.7862	83.1627	24.7009
Error	18	4.3124	4.0407	22.5743	8.3500	5.0260

Apéndice 5. Análisis de varianza del cambio de peso y condición corporal de vacas alimentadas con niveles crecientes de Fibra Detergente Neutro (FDN) en el concentrado (Prueba de lactación).

Origen de la variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Cambio de peso, kg / día	Cambio de condición corporal
Animal	8	0.1811	0.0031
Tratamiento	3	0.6856	0.0330
Período	3	0.0533	0.0041
Error	17	0.3832	0.0160

Apéndice 6. Análisis de varianza de los consumos de Materia Seca, Materia Orgánica, Proteína Cruda (kg / día) y Materia Seca como % del Peso vivo (Prueba Metabólica).

Origen de la variación	Grados de libertad	Cuadrados medios											
		Consumo de :						Materia					
		Materia Seca			Materia Orgánica			Proteína Cruda			Seca %		
		a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	a partir de forraje	a partir de concentrado	Total	de peso vivo		
Animal	3	1.9751	0.4867	4.4178	1.6799	0.4196	3.7618	0.00528	0.00674	0.0240	0.1344		
Tratamiento	3	0.0189	0.0113	0.0462	0.0175	0.0378	0.0661	0.00004	0.00901	0.0092	0.0074		
Período	3	1.7620	0.6488	4.5464	1.4828	0.5535	3.8479	0.00345	0.05352	0.0826	0.1077		
Error	6	0.1712	0.0414	0.3463	0.1366	0.0368	0.2807	0.00049	0.01556	0.0190	0.0183		

Apéndice 7. Análisis de varianza de los consumos de Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente ácido, lignina y Fibra Detergente Neutro como % del peso vivo (Prueba Metabólica).

Cuadrados medios										
Consumo de :										
Fibra Detergente Neutro			Fibra Detergente Acido			Lignina		FDN		
Origen de la variación	Grados de libertad	a partir de forraje concentrado		a partir de forraje Total		a partir de forraje concentrado		a partir de forraje Total		% de peso vivo
		de forraje	concentrado	de forraje	Total	de forraje	concentrado	de forraje	Total	
Animal	3	1.0659	0.0397	1.3873	0.4958	0.0052	0.5918	0.0132	0.0001	0.0369
Tratamiento	3	0.0085	0.5714	0.6026	0.0046	0.2588	0.2848	0.0002	0.0267	0.0288
Período	3	0.6482	0.0216	0.9926	0.1732	0.0086	0.2382	0.0086	0.0026	0.0175
Error	6	0.8957	0.0046	0.1138	0.0414	0.0014	0.0517	0.0011	0.0009	0.0066

Apéndice 8. Análisis de varianza de la producción y composición de la leche de vacas alimentadas con niveles crecientes de FDN en el concentrado (Prueba metabólica).

Cuadrados medios					
Origen de la variación	Grados de libertad	Leche, kg/día	Proteína, %		Grasa, %
			de forraje	total, %	
Animal	3	7.619	0.2108	1.0606	0.2075
Tratamiento	3	0.7286	0.0108	0.2756	0.0541
Período	3	1.1452	0.0025	0.3956	0.0358
Error	6	0.6203	0.0180	0.3006	0.1341

Apéndice 9. Análisis de varianza de la digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fracciones de fibra para vacas alimentadas con niveles crecientes de Fibra detergente Neutro en el concentrado (prueba metabólica).

Cuadrados medios						
Digestibilidad aparente, %						
Origen de la variación	Grados de libertad	Materia seca	Materia orgánica	Proteína cruda	Fibra detergente neutro	Fibra detergente ácido
Animal	3	11.4638	9.9489	110.4803	19.8290	9.1455
Tratamiento	3	22.0830	21.3246	27.7741	4.6457	4.2838
Periodo	3	3.1514	5.0203	26.5900	19.6693	34.1504
Error	6	3.1836	3.3341	38.8237	6.3864	6.1041

Apéndice 10. Análisis de varianza del pH de las fases líquida y sólida-líquida del contenido ruminal de vacas alimentadas con diferentes niveles de Fibra Detergente Neutro en el concentrado.

Cuadrados medios			
pH			
Origen de la variación	Grados de libertad	Fase líquida	Fase Sólida-Líquida
Animal	3	1.2148	1.2625
Tratamiento	3	0.1254	0.1011
Periodo	3	0.4434	0.8714
Tiempo (Tratamiento)	24	0.0579	0.0826
Error	78	0.0370	0.0416

Apéndice 11. Análisis de varianza de las características del contenido ruminal de vacas alimentadas con ensilado de sorgo forrajero y concentrados con niveles crecientes de Fibra Detergente Neutro (FDN).

Origen de la variación	Grados de libertad	Cuadrado Medios										
		Contenido Ruminal, Kg		Volumen Ruminal, l		Materia Seca, %		Materia Orgánica, %		Proteína Cruda, %		
		Ruminal, Kg	Ruminal, l	Seca, %	Seca, kg	Orgánica, %	Orgánica, %	Cruda, %	Cruda, %	FDN, %	FDA, %	Lignina, %
Animal	3	516.4091	368.7533	4.3982	0.5923	12.3391	0.3985	0.5936	0.4527	0.4304		
Trat	3	50.2425	83.7783	1.1250	8.7904	7.2144	1.0854	2.0631	2.7336	0.3645		
Periodo	3	561.0825	1441.2350	4.1545	1.4238	0.1413	1.1599	0.6216	6.7284	1.5204		
Error	6	36.6891	116.8866	0.9513	10.1216	2.1450	0.6736	3.3130	4.8385	0.5124		

Apéndice 12. Análisis de varianza de la digestibilidad *in situ* del ensilado de sorgo forrajero, en cuatro ambientes ruminales.

Origen de la variación	Grados de libertad	Cuadrado Medios			
		Fracción potencialmente digestible		Tiempo lag (horas)	
		Indigestible	Fracción potencialmente digestible	Tasa de digestión, % / h	Tiempo lag (horas)
Animal	3	11.7807	11.7841	0.00000796	30.9138
Tratamiento	3	1.2178	1.2205	0.00002603	9.1097
Periodo	3	14.9195	18.9385	0.00000012	20.5639
Error	6	0.8365	0.8403	0.00005517	17.9590